



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUÍ
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA

JOSÉ ANTONIO BORGES RIBEIRO JÚNIOR

**PROJETO DE COMANDOS ELÉTRICOS PARA UM SISTEMA DE
REFRIGERAÇÃO DE UMA SUBESTAÇÃO UTILIZANDO O CONTROLADOR
NT935**

TUCURUÍ
2022

JOSÉ ANTONIO BORGES RIBEIRO JÚNIOR

**PROJETO DE COMANDOS ELÉTRICOS PARA UM SISTEMA DE
REFRIGERAÇÃO DE UMA SUBESTAÇÃO UTILIZANDO O CONTROLADOR
NT935.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Elétrica, do Campus Universitário de Tucuruí, da Universidade Federal do Pará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. PhD. Rafael Suzuki Bayma.
Coorientador: Prof. MSc. Henrique Lopes dos Santos.

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

- R484p Ribeiro Júnior, José Antonio Borges.
Projeto de comandos elétricos para um sistema de refrigeração de uma subestação utilizando o controlador nt935 / José Antonio Borges Ribeiro Júnior. — 2022.
xvii, 106 f. : il. color.
- Orientador(a): Prof. Dr. Rafael Suzuki Bayma Suzuki
Coorientador(a): Prof. Me. Henrique Lopes dos Santos Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Pará, Campus Universitário de Tucuruí, Faculdade de Engenharia Elétrica, Tucuruí, 2022.
1. Sistema de Refrigeração. 2. Comandos Elétricos. 3.NT-935. I. Título.

CDD 621.317

A minha mãe, Maria do Carmo Diniz de Moraes.

Ao meu pai, José Antonio Borges Ribeiro.

A minha irmã, Jéssica, e sobrinhos, João e José.

A minha companheira Raquel Oliveira.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais que, graças a eles, sou o que sou hoje. Obrigado pai, pelas conversas e ensinamentos que me passou em vida. Obrigado mãe por me guiar e não deixar sair desse caminho. Sem vocês, eu não seria nada.

A minha irmã e sobrinhos, por ajudar nos meus estudos e participar da minha criação e proporcionar essa conquista.

Ao meu tio e padrinho Raimundo Nonato Diniz por proporcionar muita alegria a nossa família.

A minha companheira Raquel Oliveira, por sempre estar comigo na alegria e na tristeza e, também, a sua família.

Ao meu cão Leo pela felicidade proporcionada durante seus anos de vida, sem isso esse caminho, certamente, seria mais difícil.

Aos meus primos que me serviram de inspiração: Ildson Moraes, Celson Sanches, Heidson Ribeiro, Ilaci Sales.

Aos meus amigos da Vila Pioneira, em especial David Demétrio. Aos meus amigos do trabalho, por proporcionarem um ambiente onde eu pudesse, também, estudar. Aos meus amigos da faculdade: Kennedy Eduardo, Caio Luz, Lucas Almeida, Marcos Guilherme e Victor Emanuel, pelos anos de dedicação e amizade do nosso grupo.

Aos amigos do S11D que me ajudaram durante ao período de estágio, em especial ao José Carlos Barbosa e Ricardo Braga que propiciaram o desenvolvimento desse trabalho.

Aos meus professores do primário à faculdade, em especial aos professores orientadores desse trabalho Rafael Suzuki Bayma e Henrique Lopes dos Santos, pelo excelente trabalho.

Aqueles que já se foram, jamais esquecerei o que fizeram por mim.

“O presente representa uma oportunidade para aprendermos, crescermos e nos tornarmos melhores do que jamais fomos.” (Hal Elrod, 1979, 36.)

RESUMO

O objetivo principal deste trabalho é apresentar um projeto de implementação de um sistema de controle de refrigeração, instalado em uma subestação. O projeto é baseado no reaproveitamento do controlador NT-935, utilizando dispositivos e lógica de comandos elétricos e baseados na NBR 5410. Este projeto foi desenvolvido para instalação na subestação de uma mineradora localizada em Canaã dos Carajás, no sudeste do estado do Pará. O trabalho surgiu da necessidade de atualizar um sistema de refrigeração antigo e problemático. Isso porque a climatização adequada em uma subestação abrigada, considerando a região de trabalho, é de fundamental importância para a atuação dos operadores e o bom funcionamento de equipamentos eletrônicos locais. Além disso, a empresa dispunha de um controlador, usualmente empregado em controle de temperatura de transformadores, mas sem utilização, o que constituía um prejuízo significativo.

PALAVRA-CHAVE: Sistema de Refrigeração, NT-935, Comandos Elétricos.

ABSTRACT

The main objective of this work is design the project of implement installed in a substation refrigeration control system. The project is based on the reuse of the NT-935 controller, using devices and electrical command logic and mainly based on NBR: 5410. This project was developed for installation in the substation of a mining company located in Canaã dos Carajás, in the southeast of Pará state. The work emerged from the need to update an old and problematic refrigeration system. That's because the adequate air conditioning in a sheltered substation, considering the work region, it's of fundamental importance for the operators' performance and the proper functioning of local electronic equipments. In addition, the company had a controller, usually used in transformer temperature control, but unused, which constituted a significant loss.

KEYWORDS: Refrigeration System, NT-935, Electrical Commands.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Classificação para os motores elétricos.....	21
Figura 2 – Tipos de fusíveis	31
Figura 3 – Curva D de disparo de disjuntor termomagnético.....	32
Figura 4 – Disjuntor motor	34
Figura 5 – Contatores de potência	35
Figura 6 – Contator auxiliar WEG linha CW/CA0	36
Figura 7 – Identificação alfanumérica de contatores.....	37
Figura 8 – Numeração dos contatos auxiliares	37
Figura 9 – Parâmetros para o dimensionamento de um contator	38
Figura 10 – Frontal do controlador NT935	40
Figura 11 – Conexões elétricas NT935	40
Figura 12 – diagrama de comando e força da partida direta	42
Figura 13 – Sistema de ar condicionado split.....	44
Figura 14 – Motores que compõe o sistema de refrigeração para teste.....	44
Figura 15 – Liga e desliga automático do compressor	45
Figura 16 – Antigo painel elétrico do sistema de refrigeração.....	46
Figura 17 – Ponto de medição no circuito de força.....	47
Figura 18 – Simbologia de passagem de condutor: a) Origem do condutor. b) Destino do condutor.....	49
Figura 19 – Especificação do transformador de comando	51
Figura 20 – Circuito de força inicialmente desenergizado	54
Figura 21 – Transformador de comando e relé de sequência e falta de fase.....	55
Figura 22 – Sinalizações dos sistemas.....	55
Figura 23 – Circuito de comando desenergizado	56
Figura 24 – Circuito de força no instante pronto para partir	57
Figura 25 – Circuito de sinalização no instante em que está pronto para partir.....	57
Figura 26 – Relé sequência e falta de fase no circuito	58
Figura 27 – Circuito de comando no instante em que está pronto para partir.....	58
Figura 28 – Percurso que a corrente faz no circuito de comando.....	60
Figura 29 – Sistema ligado	61
Figura 30 – Circuito de sinalização com o ventilador da evaporadora acionado	61
Figura 31 – Circuito de força com o motor do ventilador da unidade evaporadora ligado.....	62

Figura 32 – Circuito de comando com FAN1 fechado.....	63
Figura 33 – Sinalização dos três motores ligados.....	63
Figura 34 – Circuito de força com os três motores ligados	64
Figura 35 – Relação da variação da temperatura com a atuação do compressor	65
Figura 36 – Especificação do transformador de comando	69
Figura 37 – Tabela de escolha do transformador	70
Figura 38 – Painel concluído	72
Figura 39 – Montagem e teste do painel em bancada.....	73
Figura 40 – Conexões na régua de borne	74
Figura 41 – Layout do painel de comando	74
Figura 42 – Painel instalado na subestação	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Rendimento em função da potência nominal.....	23
Tabela 2 – Temperatura características dos condutores	25
Tabela 3 – Seção mínima dos condutores e cabos isolados de instalações fixas em geral	26
Tabela 4 – Fatores de correção para temperatura ambiente diferentes de 30°C para linhas não subterrâneas	27
Tabela 5 – Fatores de correção para temperatura ambiente diferentes de 30°C para linhas subterrâneas	27
Tabela 6 – Seção mínima do condutor de proteção.....	30
Tabela 7 – Conexões elétrica disponíveis no controlador NT935.....	40
Tabela 8 – Dados levantados do motor	53
Tabela 9 – Dimensionamento pelo critério da queda de tensão	67
Tabela 10 – Consumo de potência das bobinas dos contadores.....	68
Tabela 11 – Relação de materiais.....	73

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A	Amper
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
Al	Alumínio
ALARM	Sinal de Alarme
B	Botão
CA	Corrente alternada
CC	Corrente contínua
COMP	Motor do compressor
COND	Motor do ventilador do Condensador
$\text{Cos}\phi$	Fator de potência
Cu	Cobre
cv	Cavalo vapor
D	Disjuntor motor
DJM	Disjuntor magnético
EPR	Etileno-propileno
EVAP	Motor do ventilador do Evaporador
F	Fusível
FAN	Ventilador
FAUL	Sinal de Falha
FCA	Fator de correção por agrupamento
FCT	Fator de correção pela temperatura
FS	Fator de Serviço
FT	Relé térmico
I_c	Corrente mínima que o condutor deve suportar, em A
IEC	<i>International electrotechnical commission</i>
IHM	Interface homem máquina
I_p	Corrente de Partida
K	Contator
Km	Quilômetro
kW	Kilowatt
L	Fase
LED	<i>Light emitting diode</i>

m	Metro
M	Motor
mm	Milímetro
NA	Normalmente aberto
NBR	Normas brasileiras
NF	Normalmente fechado
NM	Norma mercosul
°C	Graus celsius
OFF	Desligado
ON	Ligado
P	Potência ativa
PSH	<i>High pressure switch</i>
PSL	<i>Low pressure switch</i>
PT	Platina
PTC	<i>Positive temperature coeficiente</i>
PVC	Policloreto de vinila
Q	Potência reativa
RFF	Relé Falta de Fase
RPM	Rotação por minuto
RSF	Relé Sequência de Fase
S	Seção dos condutores
S	Potência aparente
TRIP	Sinal de Atuação
Vac	Tensão alternada
Vcc	Tensão contínua
XLPE	Polietileno reticulado
ΔV_c	Queda de tensão máxima admitta em projeto, em %
η	Rendimento
Ω	Ohm
I'	Corrente corrigida
I_c	Corrente total do circuito, em A
I_{cs}	Corrente simétrica de curto-circuito trifásica ou fase e terra, a que for maior, em ka

I_e	Corrente nominal do contator
I_n	Corrente nominal
I_{nm}	Corrente nominal do motor, em A
I_r	Corrente de ajuste do relé térmico;
L_c	Comprimento do circuito, em m;
Sc	Seção mínima do condutor de um circuito trifásico
T_e	Tempo de eliminação de defeito, em s;
T_f	Temperatura máxima de curto-circuito suportada pela isolação do condutor, em °c
T_i	Temperatura máxima admissível pelo condutor em regime normal de operação, em °c
V	Tensão
V_{ff}	Tensão entre fases
ρ	Resistividade do material condutor
I_F	Corrente nominal do fusível

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	18
1.1	Descrição do problema.....	19
1.2	Objetivos.....	20
1.2.1	Objetivo geral.....	20
1.2.2	Objetivos específicos.....	20
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	21
2.1	Motor elétrico.....	21
2.1.1	Características gerais de motores elétricos.....	21
2.1.2	Motor de corrente contínua.....	22
2.1.3	Motores de corrente alternada.....	22
2.1.4	Rendimento.....	23
2.2	Dimensionamento de condutores.....	24
2.2.1	Variáveis consideradas para o dimensionamento de condutores.....	24
2.2.2	Critério para dimensionamento da seção mínima do condutor fase.....	24
2.2.3	Critério para dimensionamento da seção mínima do condutor neutro.....	29
2.2.4	Critério para dimensionamento da seção mínima do condutor de proteção.....	29
2.3	Dispositivos de controle e proteção.....	30
2.3.1	Introdução.....	30
2.3.2	Fusíveis.....	30
2.3.3	Disjuntores termomagnéticos.....	31
2.3.4	Relé térmico de sobrecarga.....	33
2.3.5	Disjuntor motor.....	33
2.3.6	Contator.....	35
2.3.7	Relés auxiliares.....	38
2.4	Chave de partida.....	41
2.4.1	Partida direta.....	41
2.5	Sistema de refrigeração.....	43

2.5.1	Sistema de ar condicionado da subestação	44
3	METODOLOGIA.....	46
3.1	Levantamento das características dos motores do sistema;.....	46
3.2	Planejamento de um painel organizado, que proporcionasse segurança, agilidade nas manutenções e aumento da confiabilidade do sistema;	47
3.2.1	Função do painel.....	47
3.2.2	Segurança conforme a norma	48
3.3	Criação da lógica de comando elétrico no <i>software</i> Cad_simu;.....	48
3.3.1	Simulação.....	49
3.4	Dimensionamento dos componentes a serem utilizados.....	50
3.4.1	Levantamento de carga	50
3.4.2	Dimensionamento do circuito de força.....	50
3.4.3	Dimensionamento circuito de comando	51
3.5	Montagem e teste do projeto piloto	52
4	RESULTADOS	53
4.1	Introdução	53
4.2	Levantamento das características dos motores.....	53
4.3	Planejamento do painel	53
4.4	Criação da lógica de comando elétrico	56
4.4.1	Precauções de funcionamento.....	64
4.5	Dimensionamento.....	65
4.5.1	Levantamento de Carga do circuito de força.....	65
4.5.2	Dimensionamento do contator de força e disjuntor motor	66
4.5.3	Dimensionamento dos condutores do circuito de força.....	66
4.5.4	Levantamento de carga do circuito de comando	68
4.5.5	Dimensionamento do transformador de comando.....	68
4.5.6	Dimensionamento de condutores.....	70
4.5.7	Dimensionamento disjuntor geral.....	70
4.6	Montagem.....	71
4.7	Implantação.....	74

5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	76
	BIBLIOGRAFIA	78
Apêndice A	– Simbologia dos elementos do projeto no CADE SIMU.....	82
Apêndice B	– Projeto Elétrico de Sistema de Refrigeração de Subestações.....	84
ANEXO A	– Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D, para condutores de cobre ou alumínio com isolamento PVC.....	94
ANEXO B	– Fatores de correção aplicáveis a condutores agrupados em feixe (em linhas abertas ou fechadas) e a condutores agrupados num mesmo plano, em camada única.....	95
ANEXO C	– Limites de queda de tensão.....	96
ANEXO D	– Seção reduzida do condutor neutro.....	97
ANEXO E	– Categoria de emprego de contadores conforme IEC 947.....	98
ANEXO F	– Programação NT935 Basic/AD.....	102

1 INTRODUÇÃO

Os dispositivos automáticos de comando de máquinas elétricas têm por finalidade a operação de um equipamento de forma não manual, trazendo maior confiabilidade ao processo em que se é aplicado. Tal melhoria se deve à possibilidade de realização de uma operação impessoal, baseada apenas na lógica de programação projetada para a finalidade desejada. Esses sistemas são projetados para que a ação humana sobre o circuito seja minimizada. Apenas em circunstâncias excepcionais, e para fins de segurança, são utilizadas chaves não automáticas com a finalidade de interromper ou iniciar um processo de automação (FRANCHI, 2008).

Todo sistema elétrico costuma ser projetado com componentes de proteção adequados, cuja função é suportar a corrente de operação e eventualmente protegê-lo de efeitos destrutivos, como derretimento de isolamento de cabos, fusão do próprio cabos e barramentos, incêndios, etc (NASCIMENTO, 2012), provenientes dos aumentos indesejáveis da corrente elétrica.

Em subestações elétricas, encontra-se um conjunto de equipamentos elétricos que têm a função de transmitir e distribuir energia elétrica e, além disso, possuem equipamentos que atuam na proteção e controle do sistema como um todo. Quando se trata de uma subestação abrigada, é necessário a utilização de um sistema de refrigeração para controlar a temperatura ambiente, pois alguns componentes possuem um limite de temperatura máximo de operação para que esses funcionem corretamente, como exemplo: inversores de frequência, micro controladores e capacitores.

Além disso, a temperatura ambiente da subestação tem influência no limite de carga do transformador, podendo superar o carregamento nominal em média de 15% a 45% na Sibéria, por exemplo. Isso ocorre devido ao clima frio retirar com maior eficiência o calor dos transformadores de potência (INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, 2021).

Neste trabalho é apresentado o projeto de um painel elétrico para comandar um importante circuito de alimentação de um sistema de refrigeração de subestação. O projeto se destaca pelo aproveitamento do controlador NT935, sendo esse o principal elemento de comando, que foi redirecionado de sua aplicação típica de controle de temperatura de transformador. O projeto envolveu etapas de simulação, dimensionamento, montagem e implementação, o que demonstra sua adequação às boas práticas de projeto de Engenharia atuais.

Após a etapa de projeto e implementação do mesmo, pôde-se obter resultados significativos como: documentação dos diagramas do sistema, lista de materiais, instalação do

painel em local mais acessível, foram resolvidos os problemas que frequentemente paravam o sistema e o memorial de cálculo.

Para melhor entendimento, o trabalho foi estruturado em 4 capítulos:

No primeiro capítulo, introdução, foi feita a descrição da problemática do trabalho, mostrando a delimitação do tema de pesquisa. Já no segundo, referencial teórico, será apresentado o conteúdo de embasamento do trabalho. No terceiro capítulo, metodologia, será mostrado o procedimento seguido para a realização do trabalho. Por fim, o quarto capítulo, apresentará o resultado da pesquisa.

1.1 Descrição do problema

Este projeto foi desenvolvido para instalação na subestação de uma mineradora localizada em Canaã dos Carajás, no sudeste do estado do Pará.

O trabalho surgiu da necessidade de atualizar um sistema de refrigeração antigo, que não possuía um controlador eficiente e que apresentava defeitos de congelamento do sistema de refrigeração, frequentemente, pois era utilizado um pressostato mecânico de fabricação chinesa com sua funcionalidade obsoleta, que media a temperatura ambiente de forma imprecisa, comparando-se com outros sensores disponíveis no mercado, na atualidade. Como consequência os motores permaneciam ligados por mais tempo do que era necessário para resfriar a temperatura ambiente ao valor desejado, fazendo com que o sistema congelasse, parasse de operar e, em seguida, a temperatura ambiente da subestação fosse elevada. A climatização adequada em uma subestação abrigada, considerando a região de trabalho, é de fundamental importância para a atuação dos operadores e o bom funcionamento de equipamentos eletrônicos locais.

A falta de documentação do projeto antigo, também representava um problema, pois, não tendo os diagramas de representação do projeto, os técnicos que atuam na manutenção desse painel podem realizar as manutenções necessárias incorretamente e, além disso, não tinham um material de apoio para entender o funcionamento do sistema.

Pode-se dizer, também, que a empresa dispunha do controlador NT935 em grande quantidade no estoque, usualmente empregado em controle de temperatura de transformadores, o que constituía um prejuízo significativo.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Projetar e implementar um sistema de controle de refrigeração de subestação baseado no reaproveitamento do controlador NT-935.

1.2.2 Objetivos específicos

- a) Simular o circuito no software Cade_simu;
- b) Dimensionar os dispositivos a serem utilizados;
- c) Implementar o painel elétrico do sistema.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, serão abordados os fundamentos mais importantes que nortearam a pesquisa bibliográfica necessária para o desenvolvimento do projeto, e que colaboraram com a compreensão do tema.

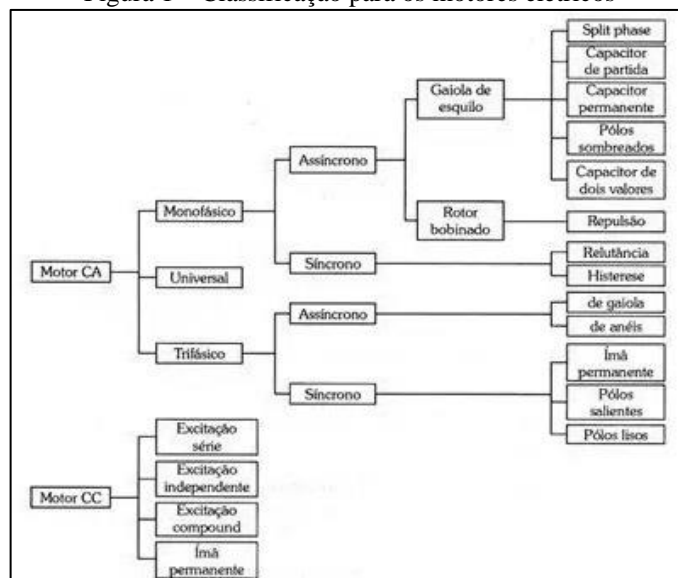
2.1 Motor elétrico

Para Franchi (2008) e Nascimento (2018), o motor elétrico é um equipamento que possibilita a transformação de energia elétrica em energia mecânica rotativa. A presença de corrente elétrica, contínua ou alternada, faz com que o eixo do motor se movimente. Estima-se que 70% a 80% da energia elétrica na indústria é consumida por motores elétricos (FRANCHI, 2008). Sendo assim, o acionamento de máquinas por comandos elétricos é um objeto de estudo de significativa importância.

2.1.1 Características gerais de motores elétricos

Para Franchi (2008), Mamede (2017) e Nascimento (2018), os motores elétricos podem ser classificados de acordo com o tipo de fonte de alimentação, podendo ser de corrente contínua (CC) e de corrente alternada (CA). Esses dois grandes grupos possuem subgrupos, como mostra na Figura 1.

Figura 1 – Classificação para os motores elétricos



Fonte: Modificado de Mattede (2014)

2.1.2 Motor de corrente contínua

É utilizado em aplicações onde é necessário o ajuste fino de velocidade, pois podem atingir precisão elevada. São utilizados na indústria de papel, por exemplo (FILHO, 2017). O mesmo autor classifica, ainda, três tipos:

- a) Motores em série: são aqueles em que a corrente de carga é a mesma corrente de excitação, já que as bobinas de campo são ligadas em série com as bobinas do induzido;
- b) Motores em derivação: são aqueles em que o campo está conectado diretamente à fonte de alimentação e em paralelo com o induzido;
- c) Motores compostos: são aqueles cujo o campo é formado por duas bobinas, sendo que uma está ligada em série, e a outra em paralelo com o induzido.

2.1.3 Motores de corrente alternada

A maioria das aplicações na indústria, comércio e residências utilizam motores de corrente alternada, sejam eles monofásicos ou trifásicos. Na indústria, são utilizados com maior frequência os motores de indução trifásicos, pois, se comparados aos motores de corrente contínua, eles têm como vantagem a sua simplicidade, baixo custo, alta eficácia e manutenção mínima (FRANCHI, 2008).

Existem dois tipos de rotores nesse grupo, sendo os mais comuns o tipo gaiola de esquilo e o rotor bobinado.

Em comparação com o motor monofásico, o motor trifásico possui relativa vantagem como, por exemplo, partida mais fácil, ruído menor e custo baixo para potências acima de 2kW (FRANCHI, 2008).

Pode-se calcular a corrente nominal (I_n) de motores trifásicos utilizando (1) que utiliza dados de placa, como tensão entre as fases (V), potência (cv), fator de potência ($\cos\phi$) e o rendimento (η). Caso não tenha os dois últimos dados, pode-se, segundo Nascimento (2018), adotar valores para o fator de potência ($\cos\phi$) e o rendimento (η) entre 0,6 e 0,9 proporcionalmente à potência do motor, conforme a Tabela 1.

$$I_n = \frac{736 \text{ cv}}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \phi \cdot \eta} \quad (1)$$

Tabela 1 – Rendimento em função da potência nominal

Potência nominal (cv)	Rotação (RPM)	Rendimento (%)	Fator de potência
1,0	1705	69	0,66
5,0	1730	83	0,80
25,0	1750	90	0,84
125,0	1770	92	0,88
500,0	1785	95	0,91

Fonte: Simone (2007) apud Franchi (2008).

2.1.4 Rendimento

Rendimento (η) é o conceito que relaciona a potência mecânica fornecida no eixo do motor e a potência ativa consumida da rede de energia, sendo expressa da seguinte forma, (WEG, [201-?]):

$$\eta = \frac{\text{potência mecânica fornecida no eixo do motor}}{\text{potência ativa consumida da rede de energia}} \quad (2)$$

É de grande importância que se utilize motores com bons rendimentos, o que tem implicações diretamente na vida útil do equipamento, já que o rendimento baixo implica em maior aquecimento e conseqüentemente maiores danos às peças. Além disso, o baixo rendimento impacta em prejuízo, porque quanto menor for, mais energia será consumida da rede para se realizar o trabalho desejado (WEG, [201-?]).

A seguir são apresentadas algumas características gerais de motores elétricos que se mostram importantes para manutenção e utilização adequadas dos mesmos.

- a) Tempo de rotor bloqueado: É definido como o tempo máximo admissível pelo motor sob corrente de rotor bloqueado, na prática, adota-se esse tempo com o de partida do motor (FRANCHI, 2008).
- b) Fator de serviço (FS): É a sobrecarga admissível a que o motor pode ser submetido. Ele é dado como um fator que se aplica à potência nominal (FRANCHI, 2008).
- c) Corrente de partida: No momento da partida, a corrente instantânea do motor pode variar de seis a oito vezes em relação à nominal de regime permanente. Pela placa do motor, é possível obter a relação I_p/I_n que indica quantas vezes a corrente de partida é maior que a nominal. A corrente de partida é parâmetro importante para o

dimensionamento dos condutores que serão ligados para o sistema de alimentação do motor.

2.2 Dimensionamento de condutores

Nesta seção, aborda-se o importante conceito de dimensionamento de condutores para conduzir a corrente elétrica consumida pela carga, minimizando as perdas por aquecimento (efeito Joule), evitando que eles percam a isolação elétrica e provoquem curto circuito e, conseqüentemente, leve a interrupção do fornecimento da energia. Além disso, o dimensionamento visa disponibilizar os níveis de tensão requisitada pela carga, no local onde está instalada.

2.2.1 Variáveis consideradas para o dimensionamento de condutores

O apropriado dimensionamento de condutores é de suma importância para o bom funcionamento de máquinas elétricas. Filho (2017) mostra que um condutor mal dimensionado, pode implicar na utilização inadequada da carga, podendo provocar incêndios, principalmente quando os dispositivos de proteção também forem escolhidos de forma inadequada. Os fatores que implicam no dimensionamento de um condutor segundo o mesmo autor, são:

- a) Tensão nominal;
- b) Frequência nominal;
- c) Potência ou corrente da carga a ser suprida;
- d) Fator de potência da carga;
- e) Tipo de sistema: monofásico, bifásico ou trifásico;
- f) Método de instalação dos condutores;
- g) Natureza de carga: iluminação, motores, capacitores, retificadores etc.;
- h) Distância da carga ao ponto de suprimento;
- i) Corrente de curto-circuito.

2.2.2 Critério para dimensionamento da seção mínima do condutor fase

Para a determinação da seção mínima dos condutores de um circuito é necessário consultar a Associação Brasileira de Normas Técnicas de (2004) para conhecimento dos Métodos de Referência de instalação dos condutores elétricos.

Segundo Filho (2017), a seção mínima dos condutores elétricos deve seguir simultaneamente três critérios para o dimensionamento correto e bom funcionamento da carga:

- a) Capacidade de condução de corrente;
- b) Limites de queda de tensão;
- c) Capacidade de condução de corrente de curto-circuito por tempo limitado.

O critério (a) consiste em definir o condutor através da máxima corrente que poderá percorrê-lo, para que seus limites de temperatura, conforme o tipo de isolamento, mostrado na Tabela 2, não seja ultrapassado. Na Tabela 2, é possível ver esses limites de acordo com o regime em que o circuito se encontra: contínuo, sobrecarga ou em curto circuito. As seções nominais podem ser determinadas utilizando-se a tabela no ANEXO A.

Tabela 2 – Temperatura características dos condutores

Tipo de isolamento	Temperatura máxima para serviço contínuo (condutor) °C	Temperatura limite de sobrecarga (condutor) °C	Temperatura limite de curto-circuito (condutor) °C
Policloreto de vinila (PVC) até 300mm ²	70	100	160
Policloreto de vinila (PVC) maior que mm ²	70	100	140
Borracha etileno-propileno (EPR)	90	130	250
Polietileno reticulado (XLPE)	90	130	250

Fonte: ABNT(2004)

A ABNT também trata da menor seção do condutor de acordo com o tipo de circuito e material que é feito, exibido na Tabela 3. Sendo assim, deve-se atender também a esses limites mínimos.

Tabela 3 – Seção mínima dos condutores e cabos isolados de instalações fixas em geral

Utilização do circuito	Seção mínima do condutor mm ² - material
Circuito de iluminação	1,5 Cu
	16 Al
Circuito de força	2,5 Cu
	16 Al
Circuito de sinalização e circuito de controle	0,5 Cu

Fonte: ABNT(2004)

Segundo Filho (2017), o condutor, que alimenta um motor, deve possuir capacidade de condução de corrente igual ou superior ao valor de I_c , que é diretamente proporcional ao valor da corrente nominal, multiplicado pelo fator de serviço do motor correspondente, se houver:

$$I_c = F_s \cdot I_{nm} \quad (3)$$

onde:

I_c – corrente mínima que o condutor deve suportar, em A;

I_{nm} – corrente nominal do motor, em A;

F_s – fator de serviço do motor: quando não se especificar o fator de serviço do motor, pode-se considera-lo igual a 1;

Similar ao dimensionamento anterior, a instalação de um agrupamento de motores deve utilizar a soma de todas as correntes de cargas dos motores ligada ao circuito:

$$I_c = F_{s(1)} \cdot I_{nm(1)} + F_{s(2)} \cdot I_{nm(2)} + \dots + F_{s(n)} \cdot I_{nm(n)} \quad (4)$$

Segundo Filho (2017), quando as condições ambientes são diferentes daquelas encontradas na Tabela 2, é indicado aplicar um fator de correção que faça com que o condutor

em regime contínuo permaneça com a temperatura igual ou inferior aos limites estabelecidos na norma.

A norma (ABNT, 2004) propõe tabelas de capacidade de condução de valores referentes a temperatura de 20°C para linhas subterrâneas, e de 30°C para linhas não subterrâneas. Isso significa que se a temperatura do local de instalação dos condutores for diferente das citadas anteriormente, os valores de correção previstos nas Tabela 4 e Tabela 5 devem ser aplicados.

Tabela 4 – Fatores de correção para temperatura ambiente diferentes de 30°C para linhas não subterrâneas

Temperatura ambiente °C	Isolação	
	PVC	EPR ou XLPE
10	1,22	1,15
15	1,17	1,12
20	1,12	1,08
25	1,06	1,04
35	0,94	0,96

Fonte: ABNT(2004)

Tabela 5 – Fatores de correção para temperatura ambiente diferentes de 30°C para linhas subterrâneas

Temperatura do solo °C	Isolação	
	PVC	EPR ou XLPE
10	1,10	1,07
15	1,05	1,04
25	0,95	0,96
30	0,89	0,93

Fonte: ABNT(2004)

A quantidade de cabos que conduzem eletricidade em regime contínuo dentro de um eletroduto pode influenciar na temperatura dos mesmos, motivo pelo qual deve-se introduzir um fator de correção de agrupamento.

A corrente corrigida I' deve ser calculada conforme a equação (5), para que o dimensionamento leve em consideração o fator de correção por agrupamento (FCA) e o fator de correção pela temperatura (FCT), uma vez que tanto o agrupamento de cabos e a temperatura ambiente influenciam a temperatura máxima de serviço contínuo.

$$I' = \frac{I_n}{FCA \cdot FCT} \quad (5)$$

Para situações nas quais se usa mais circuitos agrupados, é necessária a aplicação de um valor de correção. O ANEXO B mostra os fatores de correção que devem ser aplicados para alguns métodos de referência. Após o dimensionamento pelo critério de capacidade de corrente, faz-se necessário usar o método do limite de queda de tensão para saber se nos terminais que serão conectados às cargas terão uma queda de tensão apropriada (ABNT, 2004).

Segundo a ABNT (2004), é importante que o método seja aplicado a todos os circuitos, desde os terminais secundários do motor ou ponto de entrega, até os terminais de carga. Em nenhum caso a queda de tensão nos circuitos terminais pode ser superior a 4%.

Para conhecimento dos limites de queda de tensão apropriados, pode-se consultar a norma NBR 5410. Ela informa que em qualquer ponto de utilização da instalação não deve ser superior aos valores mostrados no ANEXO C, dados em relação ao valor da tensão nominal da instalação. A seção mínima do condutor de um circuito trifásico pode ser definida pelo método de queda de tensão, de forma simplificada, a partir de (6) (FILHO, 2017).

$$S_c = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot \rho \cdot L_c \cdot I_c}{\Delta V_c \cdot V_{ff}} \quad [mm^2] \quad (6)$$

onde:

V_{ff} – tensão entre fases, em V;

ρ – resistividade do material condutor (cobre): $0,0178 \Omega \cdot mm^2 / m$;

L_c – comprimento do circuito, em m;

I_c – corrente total do circuito, em A;

ΔV_c – queda de tensão máxima admita em projeto, em %;

c – número de circuitos.

O mesmo autor afirma que a equação (6) resultará em valores aproximados, mas satisfatórios, quando a seção dos condutores estiver entre 1,5 e 25mm². Isso ocorre porque a Eq. (6) não contempla a reatância dos condutores, pois dentro do limite citado, os valores são desprezíveis para o cálculo. Sendo assim, a predominância da queda de tensão é dada pela resistência do condutor. Segundo (FILHO, 2017), existem dois critérios para dimensionamento através da corrente de curto-circuito, que são:

- a) Limitação da seção do condutor para uma determinada corrente de curto circuito;
- b) Limitação do comprimento do circuito em função da corrente de curto-circuito fase e terra.

Entretanto, neste trabalho, estes critérios não serão analisados por se tratar de um circuito pequeno e próximo do ponto de entrega de potência. No dimensionamento de condutores, também é de fundamental importância que se conheça a corrente de curto-circuito, pois esta pode chegar a se 100 vezes maior do que a corrente da carga em regime contínuo (FILHO, 2017).

Filho (2017) afirma, que a seção mínima do condutor pode ser determinada para uma corrente de curto-circuito através da Eq. (7):

$$S_c = \frac{\sqrt{T_e \cdot I_{cs}}}{0,34 \cdot \sqrt{\log_{10} \left(\frac{234 + T_f}{234 + T_i} \right)}} \quad (7)$$

onde:

I_{cs} – corrente simétrica de curto-circuito trifásica ou fase e terra, a que for maior, em kA;

T_e – tempo de eliminação de defeito, em s;

T_f – temperatura máxima de curto-circuito suportada pela isolação do condutor, em °C;

T_i – temperatura máxima admissível pelo condutor em regime normal de operação, em °C

Os valores de T_f e T_i são estabelecidos por norma, sendo que para o condutor de cobre esses valores são 160°C e 70°C, respectivamente.

2.2.3 Critério para dimensionamento da seção mínima do condutor neutro

A norma (ABNT, 2004) estabelece critérios para o dimensionamento da seção mínima do condutor neutro, visto no ANEXO D. O dimensionamento é feito levando-se em conta a seção do condutor de fase. Observa-se neste anexo que para condutores menores ou iguais a 25mm², os condutores neutros possuem a mesma seção do condutor fase.

2.2.4 Critério para dimensionamento da seção mínima do condutor de proteção

Igualmente ao condutor de neutro, o condutor de proteção é proposto pela norma (ABNT, 2004) através da Tabela 6. Pode-se observar que, para condutores de fase menores ou iguais a 16mm², os condutores de proteção terão sua seção iguais aos condutores de fase.

Tabela 6 – Seção mínima do condutor de proteção

Seção dos condutores de fase S mm ²	Seção mínima do condutor de proteção correspondente mm ²
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	S/2

Fonte: ABNT (2004)

É importante mencionar que, segundo Filho (2017), os condutores de proteção nunca devem ser seccionados, caso contrário, poderá acarretar em graves acidentes.

2.3 Dispositivos de controle e proteção

2.3.1 Introdução

Todo sistema elétrico deve ter um sistema de proteção. Este sistema é necessário para suportar a corrente de operação da carga, mas que nas ocorrências de falhas, proteja seus elementos de efeitos destrutivos. Os elementos que desempenham esta função são os dispositivos de proteção (NASCIMENTO, 2018).

As possíveis falhas que geralmente ocorrem em sistemas elétricos e que provocam um aumento da corrente absorvida pelo circuito são: sobretensão, queda de tensão, desequilíbrio, falta de fase e curto-circuitos. Em sistemas contendo motores elétricos, outra falha comum ocorre quando o rotor está bloqueado, causando uma sobrecarga momentânea de origem mecânica, que resulta em um aumento da corrente absorvida pelo motor e um aquecimento perigoso do sistema (FRANCHI, 2008).

Vale ressaltar que, para um conhecimento avançado dos dispositivos de proteção, devem ser consultadas nas normas específicas relacionadas a eles, como NBR NM 60898, IEC 60269-2-1 (NBR 11841), NBR IEC 60947-2, além dos próprios manuais dos equipamentos a serem utilizados nos projetos.

2.3.2 Fusíveis

De acordo com Franchi (2008) e Nascimento (2018) fusíveis são componentes que protegem os circuitos de alimentação contra, principalmente, curto circuito. Sua atuação baseia-se em um elemento que se rompe devido ao aquecimento causado pela alta temperatura, e assim

interrompe a passagem de corrente no momento da falha. A Figura 2 mostra alguns tipos de fusíveis encontrados no mercado.

Figura 2 – Tipos de fusíveis



Fonte: Alves (2019)

Segundo Franchi (2008), o curto circuito caracteriza-se como uma ligação de baixa impedância entre potências elétricas diferentes que, em corrente alternada pode ocorrer entre fases, entre fase e neutro ou entre fase e terra. Um curto-circuito pode ter diversas origens, como: falta de aperto de componentes, ruptura ou falha de isolamento de condutores ou cabos, penetração de água ou outros líquidos condutores, entre outros.

A corrente que pode ser percorrida pelo fusível sem que cause rompimento chama-se corrente nominal do fusível. Esse rompimento está de acordo com a sua curva de atuação (FRANCHI, 2008). Para cargas indutivas como os motores elétricos, os fusíveis devem suportar as altas correntes durante a partida, sem perder a função de proteger, em ocorrências de curto circuito, sendo assim, conhecidos como fusíveis de atuação retardada (NASCIMENTO, 2018).

Existem também fusíveis de ação ultrarrápida usados para a proteção de equipamentos sensíveis a alta corrente, por exemplo, retificadores e conversores de frequência. A proteção desses fusíveis pode ser ativada em corrente de curto circuito interno ou externo e, além disso, por defeitos na operação.

2.3.3 Disjuntores termomagnéticos

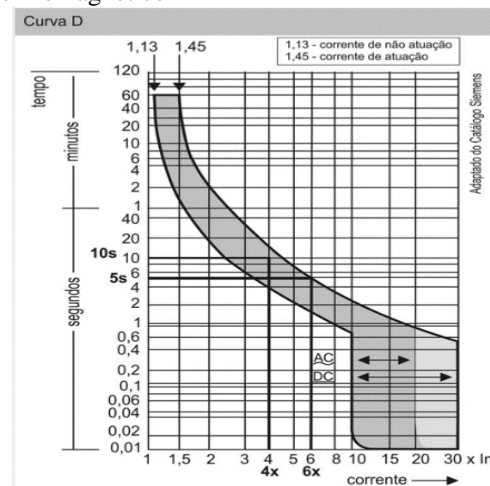
Segundo Nascimento (2018), a utilização de fusíveis é uma medida barata, mas na ocorrência de um curto circuito, o elo fusível se rompe e torna-se inutilizável, tendo assim que

ser substituído por um novo fusível, exigindo, assim, um maior tempo de manutenção. Além disso, em sistemas trifásicos o uso de fusíveis pode se tornar inconveniente ao permitir que o motor trabalhe de forma desequilibrada, o que ocorre quando apenas um fusível de uma fase queima. Uma alternativa direta e eficaz é a utilização de disjuntores termomagnéticos.

Deve-se ter em mente que existem categorias diferentes de disjuntores, com diferentes curvas e atuação, sendo muito importante o estudo do manual do equipamento. Para motores de indução, é necessário saber quantas vezes a corrente de partida do motor é superior à corrente nominal, pois o disjuntor não deve atuar sua proteção durante a partida do motor quando a corrente chega a ser até oito vezes a corrente nominal.

A curva de disparo de um disjuntor é mostrada na Figura 3, onde a região mais escura é a zona onde o disjuntor vai atuar. Observa-se que o eixo x do gráfico traz informação do múltiplo da corrente nominal, e o eixo y o tempo. Nela são exibidos dois exemplos, um para corrente de partida de 4x com atuação da proteção em 10 segundos e outro para 6x com atuação em 5 segundos.

Figura 3 – Curva D de disparo de disjuntor termomagnético



Fonte: Nascimento (2018)

Como foi afirmado, o disjuntor, assim como os fusíveis, deve suportar a corrente de partida e, após a partida, continuar protegendo os elementos do sistema de eventuais curto-circuitos e sobrecargas muito elevadas. Este equipamento não é indicado para sobrecargas comuns, podendo ocorrer a queima dos elementos protegidos sem que o disjuntor termomagnético perceba a falha. Para essa proteção, os dispositivos mais aconselhados são o relé bimetálico de sobrecarga e os sensores térmicos inseridos nos enrolamentos dos motores.

2.3.4 Relé térmico de sobrecarga

Os relés bimetálicos de sobrecarga são equipamentos de proteção cujos sensores térmicos (lâminas bimetálicas) são ligados em série com o circuito de força do motor a ser protegido (NASCIMENTO, 2018). O superaquecimento ocorre devido à perda Joule, que os materiais utilizados suportam até um determinado valor por tempo limitado (FRANCHI, 2008).

Quando a temperatura de operação do motor passa dos valores admitidos, os materiais de isolamento entram em processo de deterioração, provocando perda da característica inicial de rigidez dielétrica. O relé de sobrecarga tem como função atuar antes desse cenário para garantir a vida útil apropriada aos componentes do circuito (FRANCHI, 2008).

Para monitorar o motor contra sobrecarga, além do relé térmico, deve ser colocado um elemento térmico, o pt 100, por exemplo, em cada enrolamento do motor. Além disso, é importante saber que o relé térmico não protege a linha em caso de curto circuito. Sendo assim, quando utilizado, deve ser associado a fusíveis para prover a proteção completa da partida do motor.

Franchi (2008) e Nascimento (2018) concordam que, os relés devem ser dimensionados para possibilitar o ajuste de corrente dentro de uma faixa que contenha a corrente nominal que circula pelo trecho onde está ligado. No mercado, existe uma grande variedade de relés com diferentes faixas de ajuste. Os mesmos autores ainda mencionam que o dimensionamento do relé não deve ter a corrente nominal do motor em seu extremo superior da faixa de ajuste, buscando sempre que ela esteja o mais centralizada possível. Isso porque caso ocorra a necessidade de o motor trabalhar com fator de serviço acima de 1, o relé não permitirá o ajuste da corrente resultante. O ajuste da corrente do relé I_r deve ser feito conforme a Eq. (8)

$$1,15 \leq \frac{I_r}{I_n} \leq 1,25 \quad (8)$$

onde:

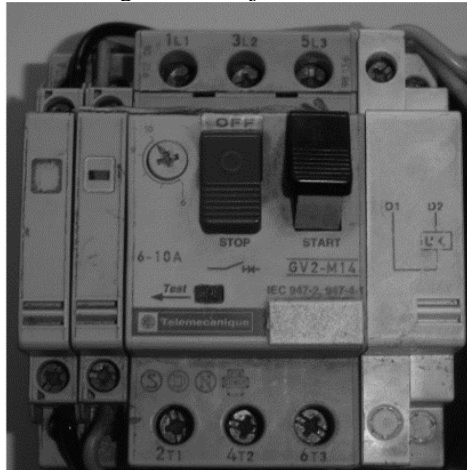
I_r – corrente de ajuste do relé térmico;

I_n – corrente nominal do motor;

2.3.5 Disjuntor motor

Os disjuntores motores (Figura 4) são simultaneamente dispositivos de proteção e manobra (FRANCHI, 2008).

Figura 4 – Disjuntor motor



Fonte: Nascimento (2018)

Talvez sejam os dispositivos de proteção mais utilizados na atualidade em projeto de comando elétrico, pois possuem a funcionalidade de disjuntor/fusível e do relé térmico de sobrecarga agrupados em um só equipamento (NASCIMENTO, 2018). Algumas funcionalidades podem ser acrescentadas ao disjuntor motor com a instalação de acessórios, tais como bobinas de subtensão, por exemplo (desarma o disjuntor se a tensão tiver a níveis abaixo do especificado) (NASCIMENTO, 2018, p. 45). A seguir, apresenta-se algumas características básicas citadas do disjuntor motor (FRANCHI, 2008);

- a) Diferente dos fusíveis, apresentam atuação multipolar, evitando a operação desequilibrada nos equipamentos trifásicos;
- b) Oferecem larga margem de escolha de correntes nominais, e em vários casos podem admitir ajustes nos disparadores;
- c) Operação repetitiva, isso é, podem ser religados após terem atuado, sem necessidade de troca do equipamento;
- d) Em alguns casos, permitem comando remoto.

O mesmo autor comenta sobre os níveis de proteção do disjuntor motor, que são;

- a) Contra sobrecorrentes pequenas e moderadas através de disparadores magnéticos ou térmicos;
- b) Contra corrente de curto circuito através de disparadores eletromagnéticos.

Segundo Nascimento (2018), a seleção do disjuntor motor é semelhante à escolha do relé térmico de sobrecarga, bastando que o dispositivo permita o ajuste da corrente nominal ou de trabalho do motor e, também, que suporte a corrente de partida.

2.3.6 Contator

É um dispositivo de grande importância para comandos elétricos. Os contadores são dispositivos de comandos eletromagnéticos que permitem controlar circuitos de elevadas correntes através de um circuito de baixa corrente (FRANCHI, 2008). O contator é caracterizado por sua atuação de forma eletromagnética. Ele possui uma única posição de repouso e possibilita estabelecer, conduzir e interromper correntes em condições normais de circuitos (FRANCHI, 2008).

O funcionamento do contator ocorre da seguinte forma: inicialmente, o jogo de contatos do dispositivo encontra-se em posição de repouso. Assim que a bobina é energizada, ela gera um campo magnético, que atrai o contato móvel. Então, quando a parte móvel do contato encontra a parte fixa, o dispositivo estará em posição de “chave”. Observa-se que assim é possível acionar cargas trifásicas a partir de um sinal monofásico (ATHOS ELECTRONICS, 2020).

Existem modelos diferentes de acordo com a aplicabilidade desse dispositivo. De acordo com SENAI (2003), há dois grandes grupos de contadores: potência e auxiliares.

O contator de potência é dimensionado levando em conta os aspectos físicos e elétricos para que durante a utilização, ele suporte a intensidade de corrente demandada pela carga, com elevada frequência de operação. Além dos contatos de força, o contator de potência possui contatos para o circuito de comando, que são chamados de contatos principais e contatos auxiliares.

Os contatos auxiliares possuem duas configurações físicas: normalmente aberto (NA) e normalmente fechado (NF). Quando a bobina é energizada, os contatos auxiliares saem de sua posição de repouso, os contatos NA fecham e os contatos NF abrem. A Figura 5 mostra contadores de diferentes tamanhos.

Figura 5 – Contadores de potência



Fonte: (ABB, 2021)

Os contatores auxiliares, visto na Figura 6, são usados no circuito de comando quando os contatores principais não suprem a quantidade de contatos auxiliares em sua estrutura física do sistema que está sendo projetado. Os contatores auxiliares são semelhantes aos contatores de potência, porém seus contatos não são projetados para suportar a corrente que alimenta grandes cargas. Sendo assim não podem ser usados no circuito de força.

Figura 6 – Contator auxiliar WEG linha CW/CA0



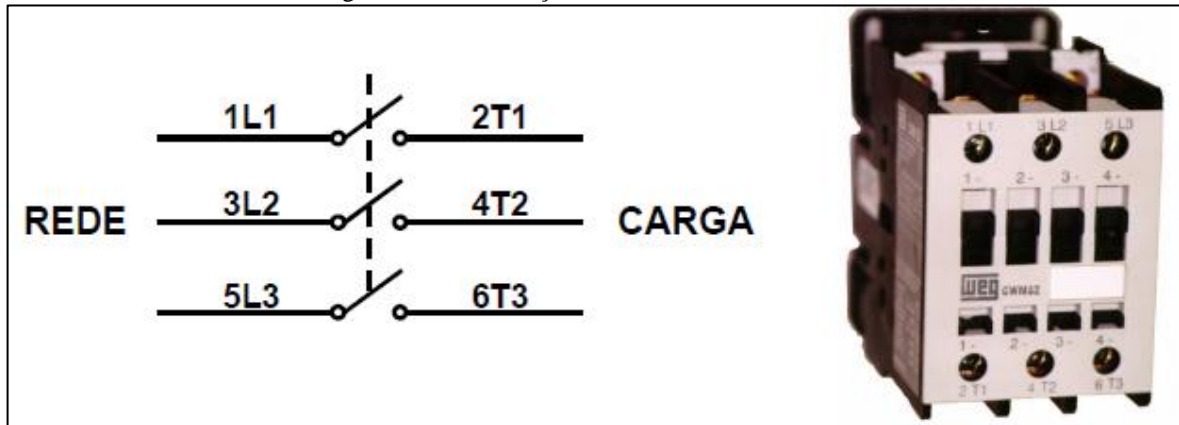
Fonte: (WEG, 2021)

Segundo a IEC 947-4, a importância da identificação de terminais de contatores e relés associados, dá-se devido a necessidade de informar a respeito da função de cada terminal ou sua localização relacionada a outros terminais ou para outras aplicações. A seguir, mostra-se as definições da IEC 947-4:

- a) Bobinas: são identificados de forma alfanumérica com A1 e A2;
- b) Terminais do circuito principal (potência): devem possuir identificação numéricas unitárias e por um sinal alfanumérico. Esta definição será mostrada na Figura 7.

Os terminais 1L1, 3L2 e 5L3 são aqueles onde condutores da rede serão conectados e os terminais 2T1, 4T2 e 6T3 são reservados para os condutores que estarão conectados à carga.

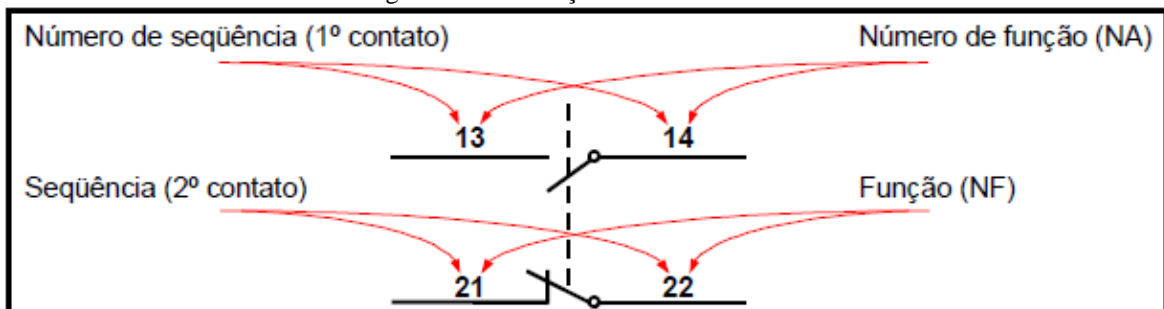
Figura 7 – Identificação alfanumérica de contadores



Fonte: (WEG, [201-?])

Terminais de contatos auxiliares: Os terminais dos circuitos auxiliares devem ser identificados nos diagramas através de dois números, cada um deles trazendo uma informação. A unidade representará a função do contato, e a dezena representará a sequência de numeração, como mostrado a Figura 8.

Figura 8 – Numeração dos contatos auxiliares

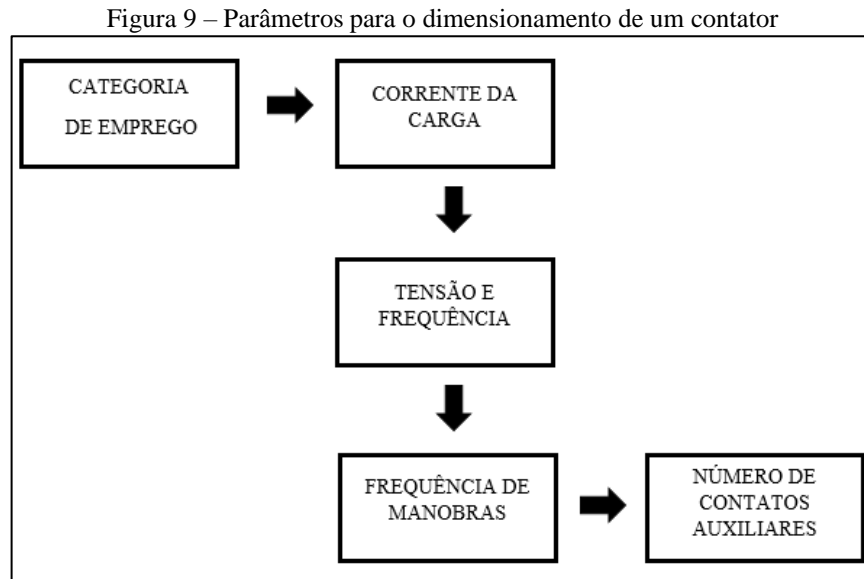


Fonte: (WEG, [201-?])

Na Figura 8, os números 1 e 2, que se localizam nas unidades, representam a função de normalmente fechados e os número 3 e 4, também das unidades, representam a função de normalmente abertos. O dimensionamento de contadores de força merece atenção devido à severidade das consequências caso esse não seja feito de forma correta. Segundo Franchi (2008), os contadores devem ser compatíveis com a potência da carga, pois sua função de conduzir corrente e comutar sua estrutura durante o controle é a sua função principal. Além disso, os contadores devem ser selecionados conforme a carga que será acionada por ele, caso contrário, terão vida útil reduzida (FRANCHI, 2008).

Segundo WEG ([201-?]), o critério de escolha de contadores mais importante é a categoria de emprego, que determina a condição para o ligamento e interrupção da corrente e da tensão nominal de serviço correspondente. O ANEXO E traz informações dessas categorias.

Após a definição da categoria de emprego, leva-se em conta a corrente da carga, assim como tensão e frequência, frequência de manobras e número de contatos auxiliares, como mostra a Figura 9.



Fonte: Franci (2008)

2.3.7 Relés auxiliares

Dentro de projetos de acionamento de máquinas, é frequente a utilização de relés para o controle de acionamentos, alarme, proteção, etc. A seguir, são, brevemente, apresentados os tipos mais comuns utilizados na prática (FRANCHI, 2008). Relé de tempo com retardo na energização: Esse relé possui um seletor de tempo que adiciona atraso na comutação dos contatos NA ou NF, de acordo com o tempo selecionado. A temporização é iniciada quando os terminais da bobina, A1 e A2, são energizados.

Bloco temporizador pneumático: Tem a função de um temporizador com retardo na energização e desenergização. Pode, ainda, ser combinado com blocos de contatos auxiliares frontais e laterais. Além disso, pode reduzir o espaço ocupado em painéis, pois é montado diretamente na parte frontal dos contadores. Não possui bobina. Nota-se, então, que esse dispositivo proporciona flexibilidade na execução de projetos de comando.

Relé de tempo estrela-triângulo (Y- Δ): Desenvolvido, especialmente, para utilização em chaves de partida estrela-triângulo. Possui dois circuitos para o controle da temporização separados. Um possui função de controlar o contator estrela, enquanto que o outro possui tempo fixo de aproximadamente 100ms, para controlar o contator que faz ligação das bobinas em triângulo.

Relé sequência de fase: É utilizado com a função de interromper, através do circuito de comando, a alimentação ao motor caso o dispositivo detecte inversão na sequência de fase. O relé não fechará o contato caso ocorra a inversão das fases.

Relé de proteção PTC: Utilizado em motores que usam sondas PTC (*Positive Temperature Coefficient*), um termistor cuja resistência varia bruscamente para um valor definido de temperatura. A instalação desse dispositivo é feita na bobina, sempre ao lado oposto ao ventilador. Geralmente utilizado um por fase e ligados em série.

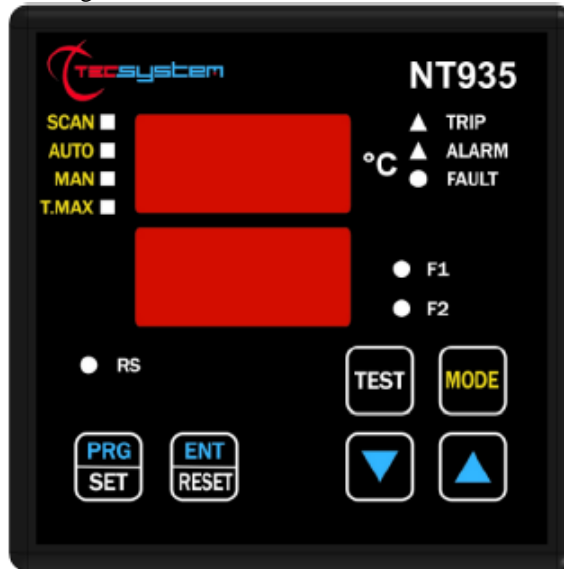
Quando necessário um controle de temperatura em que é possível monitorar toda a faixa de temperatura e atuar antes que ela atinja limites prejudiciais ao motor, deve-se utilizar uma termorresistência calibrada que varia linearmente com a temperatura. Isso é possível utilizando um sensor PT-100, pois sua operação é baseada na característica de variação da resistência com a temperatura de forma linear.

Relé falta de fase: Monitora redes trifásicas em que há defasagem entre as fases de 120° . Percebe a falta de uma fase, ou mais fase do neutro, e desliga um contato quando a falta ocorre. Há duas configurações desse dispositivo no mercado: com ligação do neutro e sem ligação do neutro.

Pressostato: É um componente que controla sistemas de compressão de ar, funcionando como uma chave eletrônica, abrindo ou fechando seu contato, em um circuito para acionar ou desligar o motor que pressiona o ar dentro do cilindro (LEFOO, 2018).

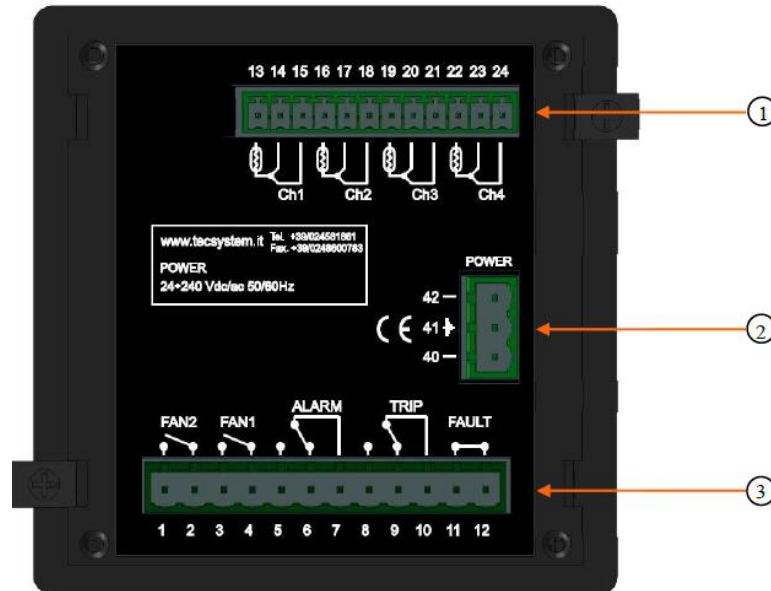
Controlador de temperatura digital NT935: O dispositivo NT935, Figura 10, é um microcontrolador projetado para o controle de temperatura de transformadores do tipo seco e resina fundida. O controlador possui conexões elétricas aparentes que foram identificadas em grupos na Figura 11, suas funções são mostradas na Tabela 7. O sensor utilizado para a medição da temperatura é do tipo PT100. O controlador trabalha com três desses dispositivos quando utilizado para controlar a temperatura do transformador. Para controle de temperatura ambiente, apenas um sensor é necessário. A programação do NT935 é feita diretamente na sua IHM (Interface Homem Máquina) com o auxílio das instruções (ANEXO F) contidas no manual do fabricante.

Figura 10 — Frontal do controlador NT935



Fonte: Tecsystem Temperature Protection Relays & Ventilation (2019)

Figura 11 – Conexões elétricas NT935



Fonte: Tecsystem Temperature Protection Relays & Ventilation (2019)

Tabela 7 – Conexões elétrica disponíveis no controlador NT935

Grupo de conexões	Conexões
1	Sensores Pt100
2	Alimentação 24-240Vac-cc 50/60Hz
3	Relés (FAN1, FAN2, ALARM, TRIP e FAUL)

Fonte: Tecsystem Temperature Protection Relays & Ventilation (2019)

Os relés de “alarm” e “trip”, identificados na Figura 11, são comutados assim que a temperatura programada for ultrapassada. Já o relé de falha (“fault”) é aberto assim que os terminais do controlador forem alimentados, permanecendo assim até que o mesmo identifique no sistema umas das seguintes situações:

- a) Falha na memória de dados (mensagem Ech);
- b) Falha do sensor pt100 (sensor em curto-circuito, sensor interrompido ou aumento rápido de temperatura);
- c) Falha no circuito de medição;
- d) Tensão de alimentação insuficiente;
- e) Durante a reinicialização após a programação (PRG), exibindo os dados (VIS) e o relé de teste.

Os relés “FAN1” e “FAN2” podem ser usados para controlar os ventiladores de resfriamento, ou podem ser inseridos no sistema de condicionamento da sala dos transformadores.

2.4 Chave de partida

Um dos momentos mais críticos em processos industriais é a partida de um motor elétrico, pois retirá-lo da inércia requer uma corrente elétrica maior do que aquela usada para manter uma velocidade de operação. Dependendo do tipo de partida, corrente transitória pode variar de 6 a 8 vezes em relação à de regime permanente, podendo chegar até a 10 vezes caso a máquina esteja sob carga. (FRANCHI, 2008; ROSSETTO, 2015; FILHO, 2017). Os principais métodos de partida de motores de indução trifásicos são: direta, estrela-triângulo e com chave compensadora. Neste projeto utilizou-se apenas o método de partida direta.

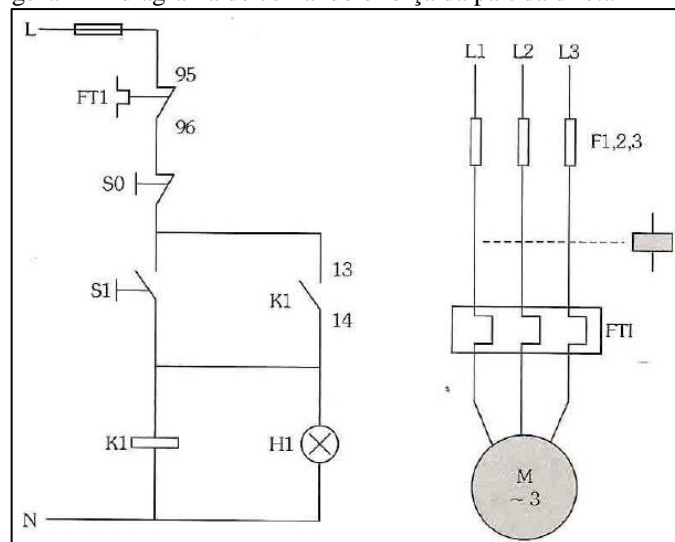
2.4.1 Partida direta

A partida direta é a forma mais simples de acionar um motor, pois consiste apenas de conectá-lo diretamente à rede. Esse acionamento é limitado pelas concessionárias de energia, que permitem apenas motores abaixo de 10cv em instalações industriais (FRANCHI, 2008). A partida direta é utilizada quando não é necessária uma aceleração progressiva, ou quando há um dispositivo mecânico que evita uma partida muito rápida (reductor) ou quando a carga requer um torque elevado para sair da inércia (FRANCHI, 2008).

As principais vantagens da partida direta são: a utilização de equipamentos simples e de fácil construção, elevado conjugado de partida e baixo custo. Por outro lado, o método provoca acentuada queda de tensão no sistema de alimentação, o que pode provocar interferência em outros equipamentos. Além disso, os dispositivos de acionamento devem ser superdimensionados, o que eleva o custo do sistema.

A Figura 12 ilustra um sistema de partida direta. As três fases L1, L2 e L3, são protegidas contra corrente de curto circuito pelos fusíveis F1, F2 e F3. A alimentação passa pelo contator K1, que está acoplado ao relé térmico FT1, até chegar ao motor.

Figura 12 – diagrama de comando e força da partida direta



Fonte: Franchi (2008)

O circuito de comando está protegido por um fusível e alimentado pela fase L, logo abaixo se encontra o contato auxiliar do relé térmico (95-96-FT1) que é acionado para interromper o circuito no caso de uma falha térmica.

O princípio de funcionamento desse circuito se dá a partir do botão de pulso S1 que energiza a bobina do contator K1 fechando o contato auxiliar 13-14 de K1 e o contato principal. O contato auxiliar, por manter a bobina energizada, é quem realiza o selo do contator K1, ou seja, é ele quem permite que a bobina seja energizada e conseqüentemente mantém os contatos principais do contator fechado (FRANCHI, 2008).

Para se especificar os dispositivos corretamente para uma partida direta, deve-se atentar ao seguinte:

- a) Contator: conhecer a corrente nominal do motor (I_n), que deve ser menor ou igual a corrente nominal do contator (I_e). (FRANCHI, 2008);
- b) Relé de sobrecarga: deve apresentar a corrente nominal do motor centralizada dentro da sua faixa de ajuste;

- c) Fusível: é definido levando em conta o tempo de partida do motor e também a corrente de partida, pois o fusível deve suportar essa alta corrente. Segundo Franchi (2008), a corrente nominal do fusível (I_F) deve satisfazer as seguintes condições:
- $I_F \geq 1,2 I_N$;
 - $I_F \leq I_{f_{max}K1}$: a corrente do fusível deve ser menor do que a corrente máxima do fusível permitido para o contator K1;
 - $I_F \leq I_{f_{max}FT1}$: a corrente do fusível deve ser menor do que a corrente máxima do fusível permitido para o relé de sobrecarga FT1.

2.5 Sistema de refrigeração

O condicionamento de ar pode ser utilizado com duas finalidades: para o conforto de pessoas ou para satisfazer condições de processos, podendo ser encontrado tanto nos setores administrativos quanto em áreas de processos na indústria têxtil, editorial, material fotográfico e laboratórios (STOECKER e SAIZ JABARDO, 2002).

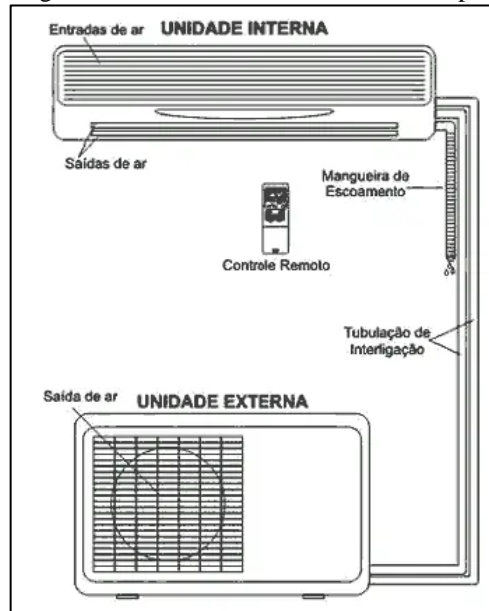
Em instalações elétricas industriais, o condicionamento de ar está presente em subestações para melhorar o carregamento de transformadores, o que é influenciado diretamente pela temperatura ambiente onde esse equipamento se encontra.

“Dependendo da temperatura do ar, o limite de carga do transformador pode superar sua classificação nominal em média de 15% a 45% na Sibéria, e de 5% a 41% na França. Além disso, a capacidade de carga do transformador na Sibéria pode ultrapassar a classificação nominal em 88,5% do tempo, mesmo sem levar em consideração a sobrecarga de curto prazo admissível, já que o clima frio permite efetivamente retirar o calor dos transformadores de potência - este indicador é de 79% na França.” (INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, 2021, p. 4).

Motores e inversores de frequência, são máquinas que estão sujeitas a redução em seus desempenhos ao trabalharem em certa faixa de temperatura. Segundo Franchi (2013), em ambientes onde a temperatura é acima de 40°C, ambas as máquinas mencionadas, anteriormente, sofrerão uma redução de corrente, fazendo com que não seja possível trabalhar com carga nominal, apenas inferior a ela.

Existem diferentes tipos de condicionadores de ar, sendo os mais usados os de parede, *split* e central. Todos possuem a mesma lógica de funcionamento e usam motores no acionamento dos ventiladores e do compressor.

Figura 13 – Sistema de ar condicionado split



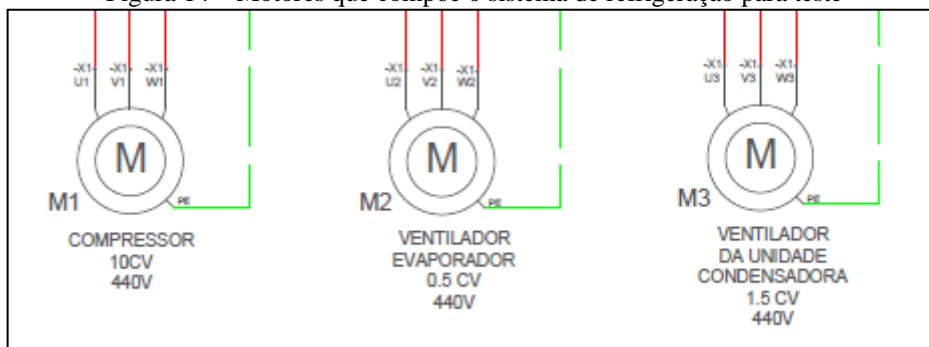
Fonte: Construindodecor([201-?]) apud Nigri (2021)

No ar condicionado *split*, Figura 13, esses motores estão presentes tanto na unidade externa quanto na interna, sendo que na primeira encontra-se o motor que aciona o compressor e outro para o ventilador da condensadora. Já na segunda, o motor encontra-se no ventilador da evaporadora.

2.5.1 Sistema de ar condicionado da subestação

O comando elétrico elaborado neste trabalho foi aplicado a um sistema composto por um motor (M1) de 10cv para acionamento do compressor, um motor (M2) de 0,75cv do ventilador da evaporadora e um motor (M3) de 1,5cv para o ventilador da condensadora, todos com tensão nominal de 440V, conforme mostrado na Figura 14.

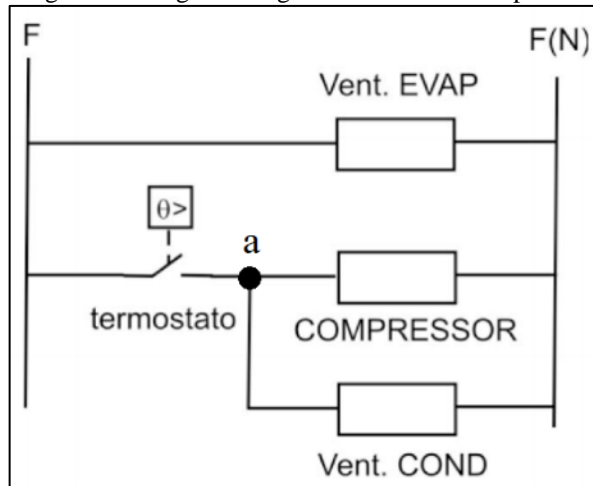
Figura 14 – Motores que compõe o sistema de refrigeração para teste



Fonte: Autor

Em um sistema de ar condicionado, o ventilador da evaporadora (unidade interna) tem acionamento independente, enquanto o ventilador da unidade condensadora opera em conjunto com o compressor. Esse funcionamento é mostrado na Figura 15, onde pode-se observar a bobina do compressor e do ventilador da unidade condensadora, conectadas através do ponto “a”, sendo acionadas simultaneamente pelo termostato que opera automaticamente. Também é possível, em outros sistemas, o controle automático ser executado por um pressostato.

Figura 15 – Liga e desliga automático do compressor



Fonte: modificado de Filippo e Dias (2014)

3 METODOLOGIA

Neste capítulo, são apresentadas as etapas de concepção do sistema de acionamento projetado. O projeto foi organizado nas seguintes etapas: levantamento das características dos motores do sistema, planejamento do painel organizado, para que proporcione segurança, agilidade nas manutenções e aumento da confiabilidade do sistema, criação da lógica de comando elétrico, simulação, dimensionamento, montagem do projeto piloto e testagem do projeto piloto.

3.1 Levantamento das características dos motores do sistema;

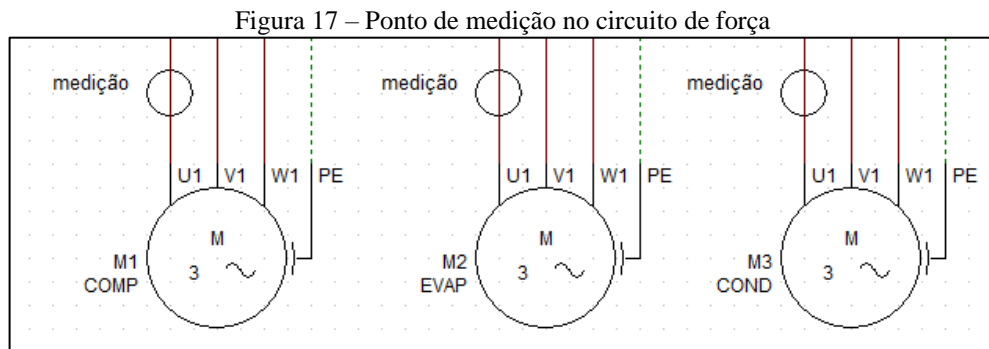
A obtenção de informações sobre o sistema só foi possível através de diálogos com técnicos atuantes da área. Na Figura 16, é possível ver o painel antigo, localizado fora da subestação, junto a cabine da unidade externa.

Figura 16 – Antigo painel elétrico do sistema de refrigeração



Fonte: Elaborada pelo autor

Para se ter mais informações sobre o sistema, foram feitas medições, na alimentação de cada motor, como ilustrado na Figura 17, para que assim, a busca, nos catálogos de fabricantes, por motores com características semelhantes, fosse possível. Esse procedimento foi adotado devido à dificuldade de acesso aos dados de placa dos motores que se encontram em cabines, o que demandaria tempo excessivo para fazer o desmonte e acesso.



Fonte: Elaborada pelo autor.

As medições de corrente resultaram no seguinte:

- a) Motor do compressor: 13,1 A;
- b) Motor do ventilador da evaporadora: 1,01A;
- c) Motor do ventilador do condensador: 2,2 A.

Através das medições foi possível concluir que haviam 3 motores trifásicos com tensão nominal de 440V acionados por partida direta. De posse dessas informações foi possível realizar o dimensionamento dos componentes para o painel que foi projetado.

3.2 Planejamento de um painel organizado, que proporcionasse segurança, agilidade nas manutenções e aumento da confiabilidade do sistema;

3.2.1 Função do painel

O painel foi projetado com a função de comandar o sistema de refrigeração existente na subestação. Para isso, ele aciona os três motores desse sistema seguindo a lógica de comandos elétricos, através do circuito de comando. Além disso, é importante a utilização de dispositivos para atuarem na proteção do circuito de força, do qual os motores fazem parte, e, também, para o circuito de comando.

3.2.2 Segurança conforme a norma

O painel foi projetado seguindo as recomendações que a NBR5410 indica para prover a segurança das pessoas e animais. Para isso, todas as partes vivas, elementos energizados, dentro do painel foram isoladas para ficarem inacessíveis, utilizando-se, ainda, barreiras de acesso que seja removível apenas com o uso de ferramentas. Além disso foi feita a equipotencialização de todas as massas presentes no painel por meio do condutor de proteção para o eletrodo de aterramento do quadro e em seguida para o eletrodo principal da edificação. É necessário, também, que exista mecanismo de seccionamento automático em casos de falhas como o curto circuito e aparecimento de tensões de contato perigosas.

3.3 Criação da lógica de comando elétrico no *software* Cad_simu;

A lógica de comandos elétricos foi empregada com o circuito de comando controlando o funcionamento do circuito de força de acordo com os sensores ou chaves de contato disponíveis. O circuito de comando atua no processo exercido pelo sistema e na proteção do próprio sistema. No sistema de refrigeração, o comando segue a lógica mostrada na Figura 15. Além disso, deve-se preferir alimentar o circuito de comando com níveis de tensão baixos, para isso é necessário a especificação de um transformador de comando para reduzir a tensão da rede.

O sistema de proteção seguiu as recomendações da NBR 5410 que indica a utilização de proteção de motores contra curto circuito e sobrecarga. Além disso, a norma trata da proteção que o circuito de comando deve ter de impedir o religamento em caso de queda ou falta de tensão.

Este projeto conta com a utilização do controlador NT935 em seu comando para o acionamento dos motores do compressor e do ventilador do condensador e, para isso, foi utilizado, também, botão de liga e desliga, além do botão de emergência. Considerou-se, ainda, colocar sinalizações luminosas para facilitar o diagnóstico de falha, inclusive por pessoas que não sejam da área. O ligamento da sinalização é feito por um contato auxiliar dos dispositivos que ajuda a detectar o que se pretende sinalizar.

3.3.1 Simulação

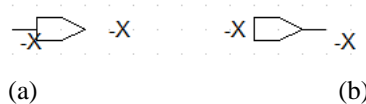
Uma das etapas mais importantes no projeto foi o planejamento da lógica de comando. Para isso, foi necessária a utilização do software Cade_Simu (CADE SIMU, 2022). Trata-se de um software eletrotécnico didático, de licença gratuita, que possibilita treinamento em comandos elétricos, automação e pneumática. O software possui versão em português, o que o torna atrativo tanto em contexto industrial quanto didático.

O software é utilizado para fins de projeto e simulação de diagramas de comando elétrico. Com isso, é possível analisar e fazer correções, antes de implementar o projeto. A simulação tornou-se importante antes da implantação, pois permitiu analisar e corrigir antecipadamente a lógica projetada, sem causar riscos ao sistema e dispositivos reais.

Vale ressaltar, porém, que o programa não possibilita análises de corrente de curto circuito e de fluxo de potência. Os elementos do software que foram utilizados nesse trabalho podem ser vistos no Apêndice A. Nele é possível ver os elementos do circuito de comando e do circuito de força.

Para simular o projeto no Cade_Simu, foi necessário desenvolver um componente auxiliar que simulasse o chaveamento do controlador NT 935, pois o software não apresenta esse dispositivo em seu pacote. Na Figura 18, é possível visualizar os símbolos de passagem de condutor. Eles são úteis na compreensão do sistema, pois dão orientações sobre a origem e o destino de um condutor.

Figura 18 – Simbologia de passagem de condutor: a) Origem do condutor. b) Destino do condutor



Fonte: Elaborada pelo autor.

Os dispositivos que recebem a mesma identificação estão associados a uma função ou fazem parte de um mesmo dispositivo.

3.4 Dimensionamento dos componentes a serem utilizados

3.4.1 Levantamento de carga

É necessário, primeiramente, realizar o levantamento de carga dos circuitos de força e comando. Sendo assim, a carga do primeiro é calculada com base nos dados levantados dos motores e o segundo com base nas potências das bobinas dos contadores. Em circuito de motores é aplicado o fator de serviço, conforme visto na seção 2.2.2, utilizando-se a Eq. (2.3) para encontrar I_c . Sabe-se que o valor de I_c refere-se a corrente que o motor pode consumir operando em sobrecarga de acordo com o fator de serviço.

As cargas do circuito de comando a serem consideradas são as potências consumidas pelas bobinas dos contadores que são predominantes neste circuito. Os dados necessários (consumo médio da bobina com o circuito magnético fechado (S1), fechando (S6) e, também, fator de potência) para o cálculo da corrente do circuito de comando são encontrados nos catálogos desses dispositivos. É importante também analisar o consumo de potência mais crítico do circuito de comando.

3.4.2 Dimensionamento do circuito de força

Os dispositivos têm como referência para dimensionamento, a corrente do circuito onde estão sendo instalados. Nesse caso, a corrente do circuito é a corrente nominal (I_n), aplicando-se o fator de serviço do motor. O dimensionamento foi feito conforme o método de dimensionamento para uma chave de partida direta, mostrado na seção 2.4.1.

Para realizar o dimensionamento dos condutores, é necessário utilizar-se três métodos de cálculo: Ampacidade, Queda de Tensão e curto circuito. O primeiro tem como objetivo especificar o condutor pela capacidade de condução de corrente para que a temperatura do condutor em serviço contínuo não ultrapasse o limite. O segundo tem como objetivo especificar o condutor considerando o limite de queda de tensão entre a alimentação da rede e a carga a ser alimentada, já o terceiro especifica o condutor considerando a capacidade que o condutor deve ter para suportar a corrente de curto circuito por um intervalo de tempo definido pela norma.

Não foi possível aplicar o critério de curto circuito nesse projeto, por dificuldades em acessar os dados do Sistema Elétrico Potência (SEP) da empresa. A utilização desse critério requer dados de impedância do circuito, o que leva em conta as impedâncias dos transformadores, motores e linhas de distribuição, sendo estes fornecidos em projetos ou em

dados de placa dos equipamentos. Contudo, esse critério é importante principalmente para pontos próximos à subestação onde os níveis de curto circuito são muito elevados.

Para contornar o problema da falta de informação detalhada do SEP, foram feitas considerações de acordo com as informações conhecidas coletadas localmente.

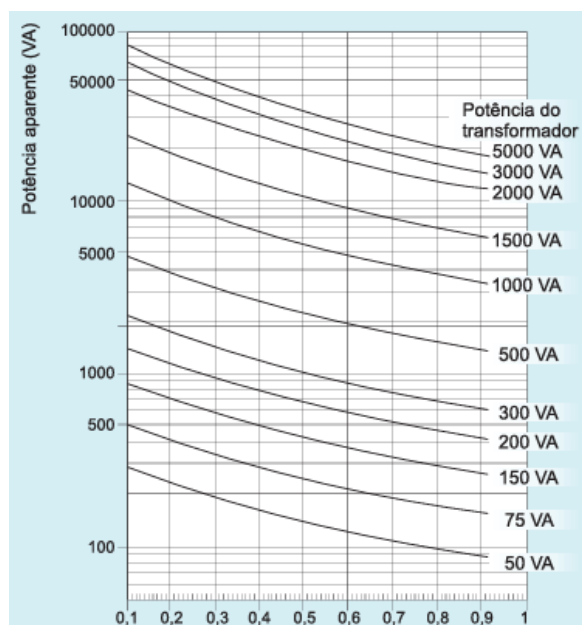
Método da Ampacidade: a corrente corrigida I' foi calculada, utilizando-se a Eq. (5), e, em posse do valor, foi escolhido a forma de instalação dos condutores através da Tabela 33 da NBR 5410 e encontrar a seção do condutor através do Anexo A.

Método da queda de tensão: a seção mínima do condutor foi calculada através da Eq. (6). O maior valor encontrado entre os dois resultados calculados, anteriormente, foi o escolhido para a seção do condutor do circuito.

3.4.3 Dimensionamento circuito de comando

Especificação do transformador de comando: para especificar o transformador é utilizado o gráfico da Figura 36, o qual necessita do valor da potência demandada pelo circuito de comando e o fator de potência, após isso é traçada duas retas paralelas aos eixos e deve-se escolher aquele cuja curva se localiza imediatamente acima do ponto de interseção, visto na Figura 19. Em seguida, no catálogo do mesmo fabricante do transformador é indicado o dispositivo a ser utilizado para desempenhar a proteção contra curto circuito.

Figura 19 – Especificação do transformador de comando



Fonte: (SIEMENS, 2021)

Dimensionamento dos condutores do circuito de comando: segue o mesmo raciocínio do dimensionamento para os condutores do circuito de força, porém sem utilizar o fator de serviço, pois a carga do circuito de comando não é um motor.

3.5 Montagem e teste do projeto piloto

A montagem do painel foi realizada a partir do layout do painel em CAD, na bancada da oficina onde encontrava-se todos os dispositivos e ferramentas necessárias, como: furadeira, serra copo, chaves de aperto e multímetros.

Após a etapa de montagem do painel é necessário realizar o comissionamento do mesmo, onde foi feita uma análise visual do painel comparando-o com o layout projeto. Além disso são verificadas as conexões elétricas se estão sem folgas e, também, é realizado o teste ponto a ponto para verificar se a fiação está conectando os dispositivos conforme o projeto. São verificados, ainda, se os dispositivos estão funcionando corretamente.

4 RESULTADOS

4.1 Introdução

Este capítulo apresenta os principais resultados do trabalho. São apresentados os esquemáticos de comando de cada um dos subcircuitos, além do dimensionamento e montagem do painel, e finalmente os resultados com o controlador NT935 acionando os circuitos de refrigeração.

4.2 Levantamento das características dos motores

A partir das medições feitas, considerou-se os dados da Tabela 8, que são dados de motores semelhantes aqueles presentes no sistema de refrigeração, pois a corrente nominal que possuem são imediatamente superiores daquelas correntes medidas do sistema antigo em funcionamento.

Tabela 8 – Dados levantados do motor

Motor	Potência (cv)	$I_p/I_n(A)$	Fator de Serviço	Tensão(V)	$\cos \varphi$	Rendimento	$I_n(A)$
Compressor	10	5	1,25	440	0,74	0,918	14,5
Ventilador Evaporadora	0,75	2,95	1,25	440	0,84	0,69	1,7
Ventilador condensadora	1,5	6,1	1,25	440	0,7	0,873	3,22

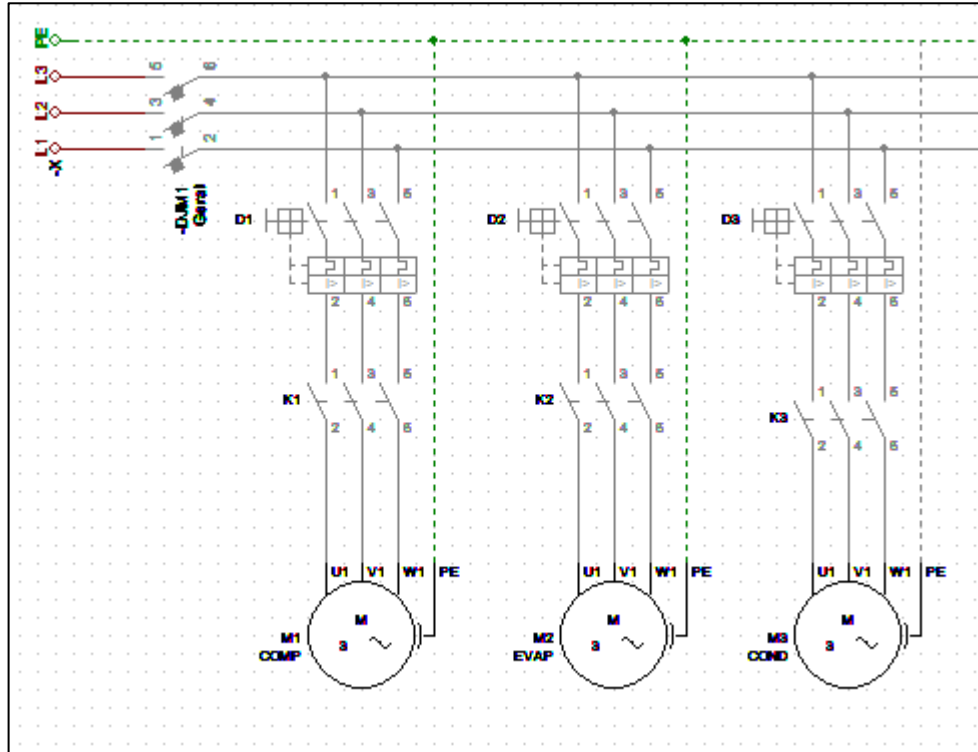
Fonte: (WEG, 2022).

4.3 Planejamento do painel

Como haviam três motores sendo acionados por partida direta no sistema antigo, optou-se por manter esse modo de acionamento. Sendo assim, seguindo o que foi visto na seção 2.4, foram utilizados, dispositivos para desempenharem as funções de proteção de curto circuito e sobrecarga do circuito de força, disjuntores motores (D1, D2 e D3), para cada circuito de motor, pois possuem ambas as funções. Além disso foi utilizado um contator para cada motor (K1, K2, K3), para comandarem o acionamento. Esses subcircuitos de cada partida direta dos motores podem ser vistos na Figura 20.

O dispositivo DJM1-Geral, visto na Figura 20, foi utilizado com a função de dispositivo de seccionamento e proteção de retaguarda de curto circuito do painel, caso algum dos anteriores falhe ele atuará com essa função.

Figura 20 – Circuito de força inicialmente desenergizado



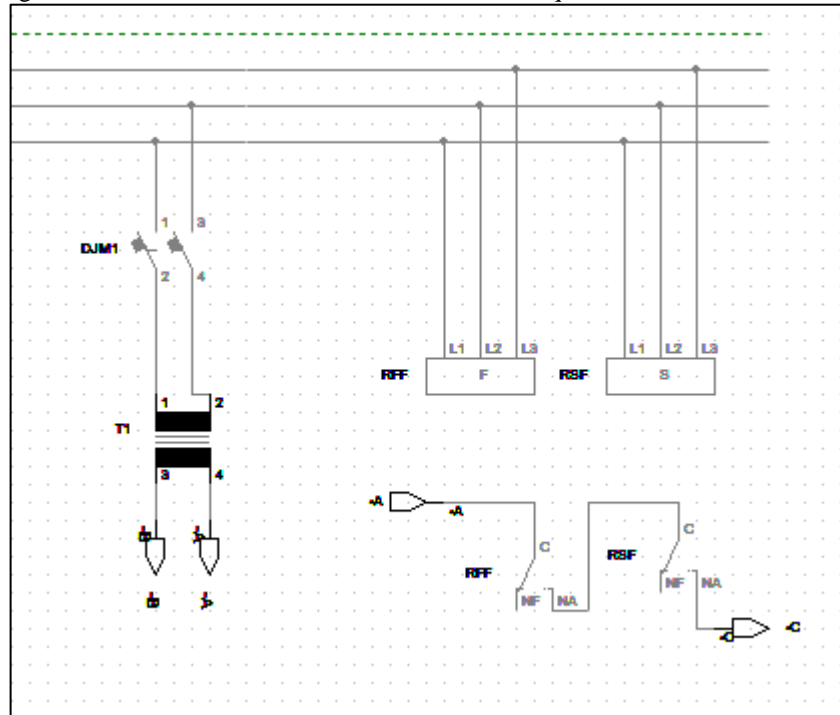
Fonte: Elaborada pelo autor.

Para a alimentação do circuito de comando, foi utilizado um transformador de comando (T1), visto na Figura 21, para reduzir a tensão de 440V para 220V e, para proteção de curto circuito, foi utilizado dois disjuntores, um no primário (DJM1), visto na Figura 21, e outro no secundário do transformador (DJM2), visto na Figura 23, como recomendado pelo fabricante. Além disso, foram utilizados relés de falta de fase (RFF), para prevenção de danos aos motores, e sequência de fase (RSF) para que não ocorra a inversão da rotação dos motores. Com exceção de DJM2, esses dispositivos podem ser vistos na Figura 21.

O principal dispositivo utilizado no circuito de comando, desse projeto, foi o controlador NT 935, visto no Apêndice B, pois é o dispositivo que terá sua funcionalidade testada no sistema de refrigeração. O contato FAN1 desse dispositivo é ilustrado na Figura 23.

É importante ressaltar que os disjuntores motores, contatores, relé falta de fase e sequência de fase, possuem contatos auxiliares que são empregados no circuito de comando como chaveamento. Esses contatos recebem a mesma identificação do dispositivo o qual pertencem, podem ser vistos nas Figuras 21, 22 e 23.

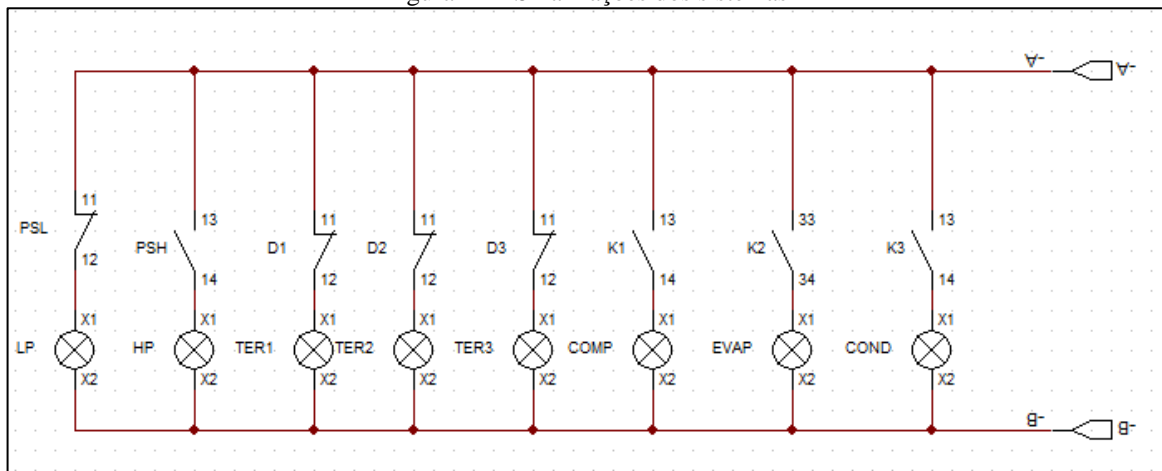
Figura 21 – Transformador de comando e relé de seqüência e falta de fase



Fonte: Elaborada pelo autor.

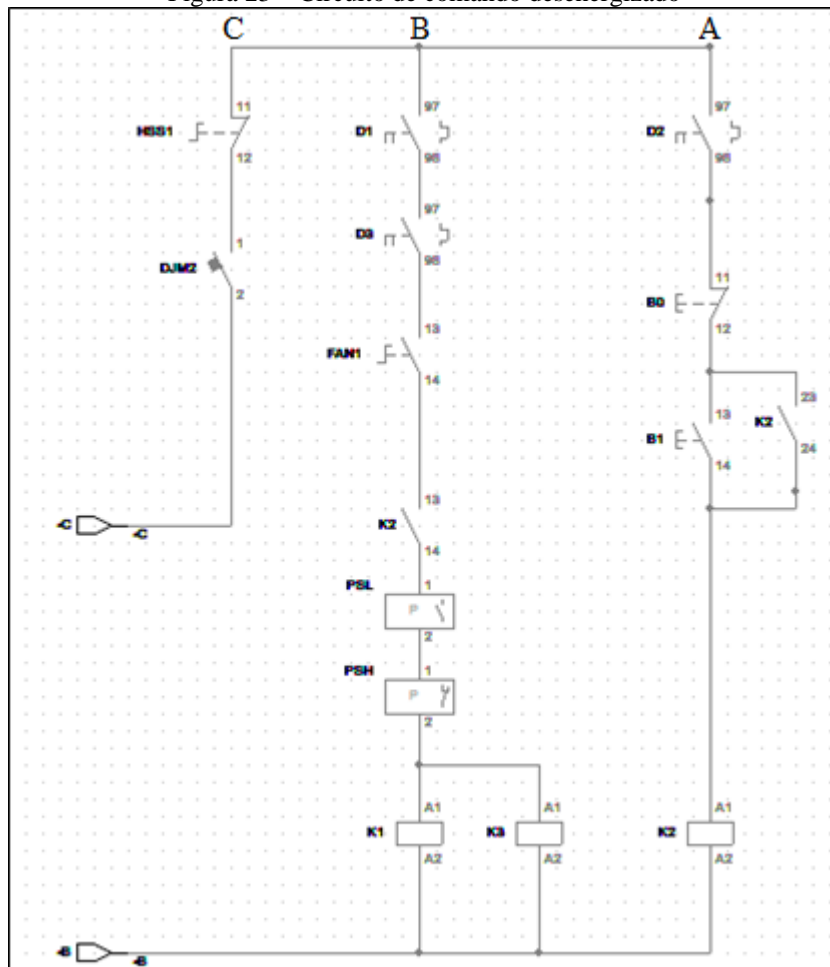
O circuito de comando apresenta leds, situados na tampa do painel, para sinalizarem falhas de baixa e alta pressão do sistema (PSL e PSH), sobrecarga nos motores (D1, D2 e D3) e para quando os motores estiverem ligados (COMP, EVAP e COND). A Figura 22, mostra todos os leds de sinalização utilizados no projeto.

Figura 22 – Sinalizações dos sistemas



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 23 – Circuito de comando desenergizado



Fonte: Elaborada pelo autor.

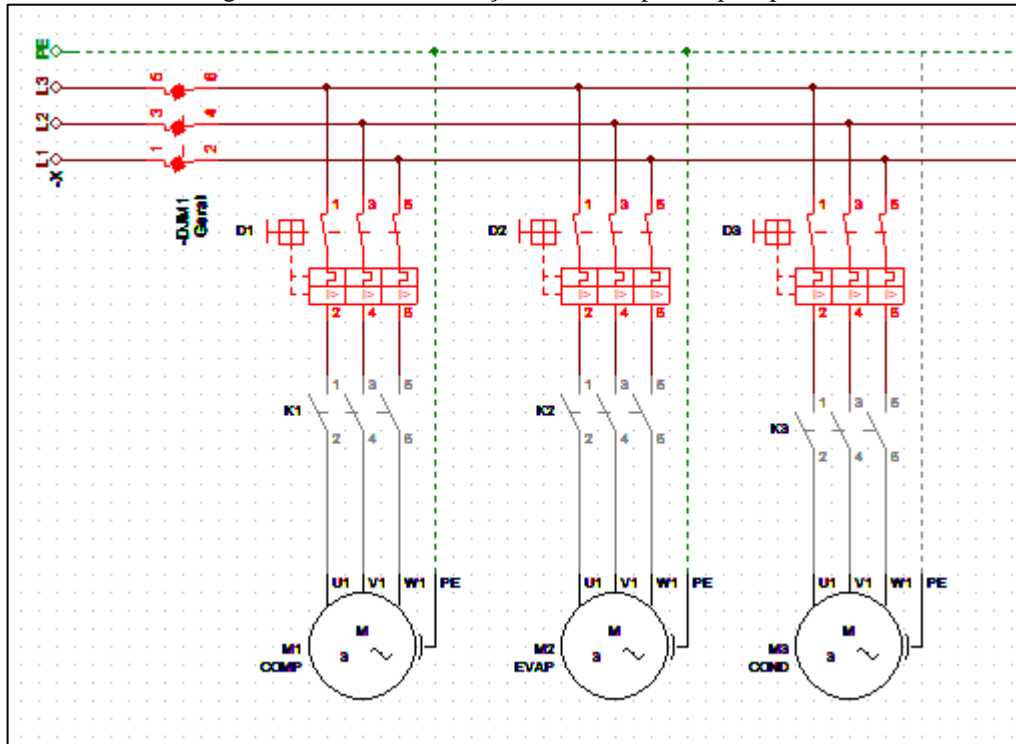
4.4 Criação da lógica de comando elétrico

Para melhor entendimento, seu funcionamento foi dividido em: circuito de força, circuito de comando e circuito de sinalização, cuja operação em um determinado instante depende da ação humana, do controlador NT935 ou dos dispositivos de proteção.

O circuito de comando, mostrado na Figura 23, deve se basear na lógica apresentada na Figura 15, para isso o botão B1, visto na Figura 23, foi utilizado para acionar o motor do ventilador da evaporadora e o compressor junto com o ventilador da condensadora são acionados pelo controlador de temperatura NT935.

Inicialmente o circuito encontra-se desenergizado; o software utilizado demonstra isso utilizando cor cinza para os condutores e dispositivos. Quando está energizado, os condutores e dispositivos passam a ter a coloração vermelha. Isso é mostrado nos condutores conectados antes do disjuntor geral, visto na Figura 24.

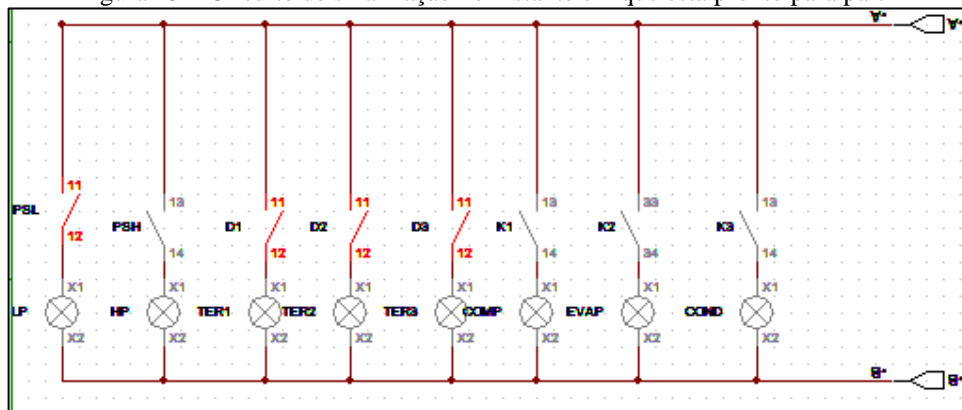
Figura 24 – Circuito de força no instante pronto para partir



Fonte: Elaborada pelo autor.

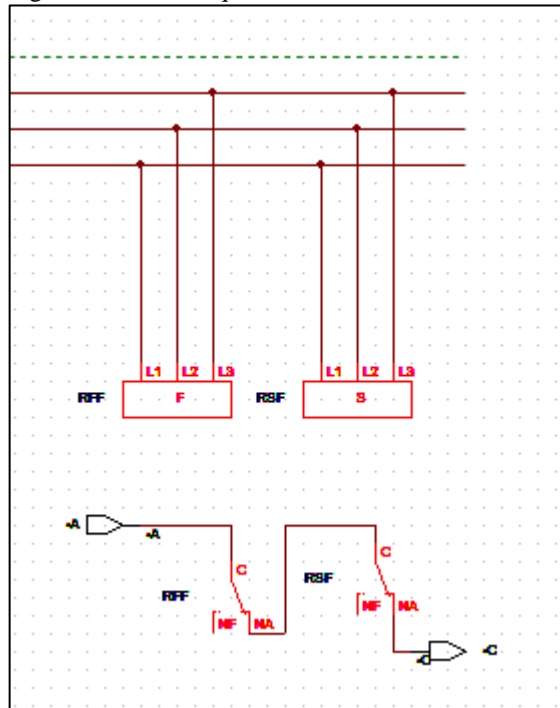
Com o fechamento dos disjuntores DJM1 Geral, D1, D2, D3, DJM1 e DJM2 os circuitos de força e comando são energizados e se o sistema não estiver em condição de curto circuito, sobrecarga, inversão ou falta de fase, os contatos auxiliares de D1, D2, D3, RFF e RSF comutam e o sistema está pronto para operar em conformidade com o circuito de comando. Essa condição é vista nas Figuras 25, 26 e 27.

Figura 25 – Circuito de sinalização no instante em que está pronto para partir



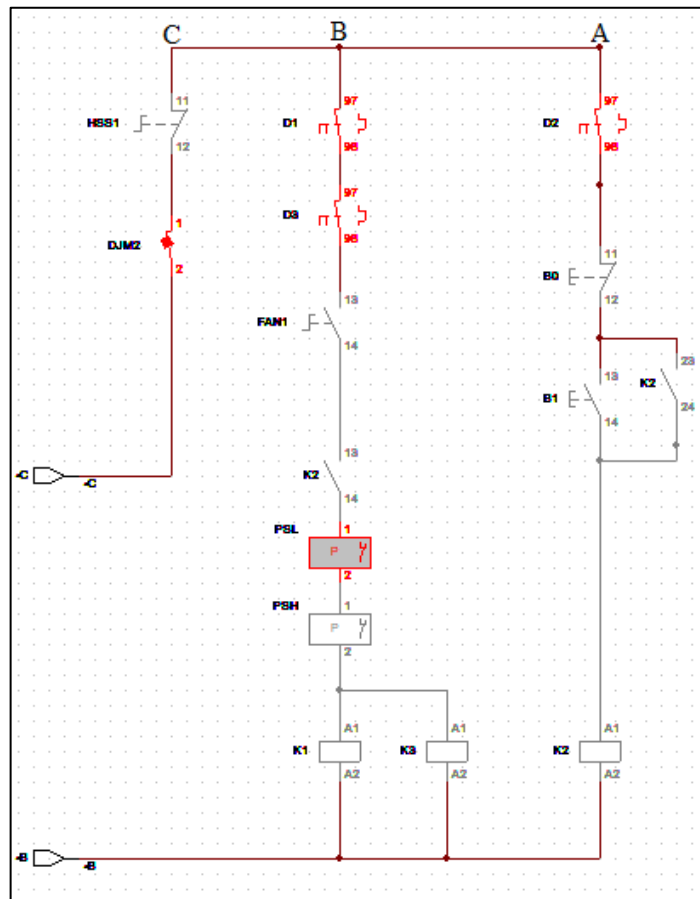
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 26 – Relé seqüência e falta de fase no circuito



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 27 – Circuito de comando no instante em que está pronto para partir



Fonte: Elaborada pelo autor.

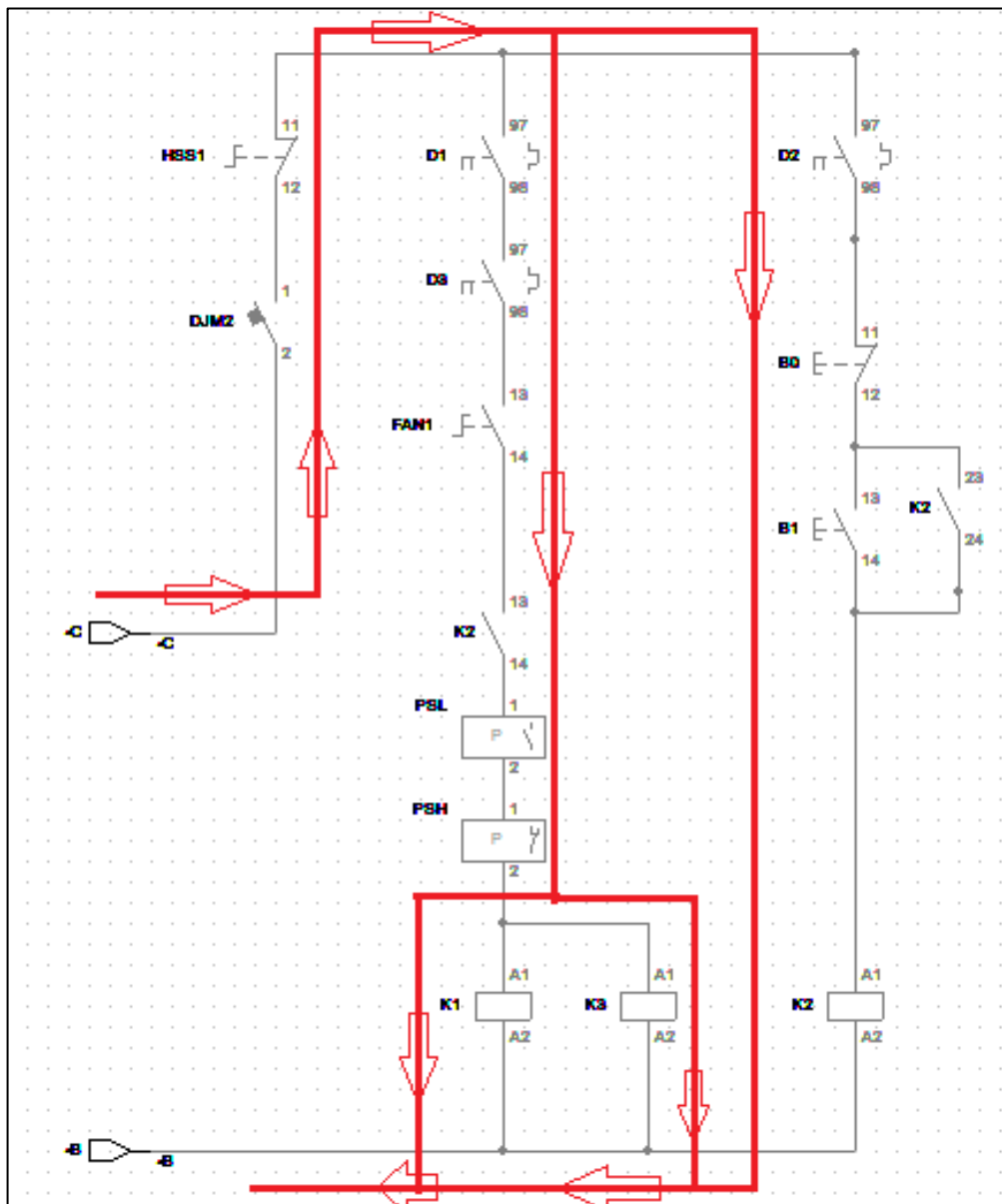
É possível que surjam as seguintes falhas no sistema, podendo fazer com que o sistema não opere ou opere parcialmente:

- a) Sequência ou falta de fase: identificadas pelo relé falta e sequência de fase, visto na Figura 26, através do monitoramento da rede de alimentação e que, na ocorrência de inversão ou falta de fase, os contatos auxiliares RFF e RSF não comutam para a posição NA, Figura 26, isso faz com que o restante do circuito de comando, a diante, não seja alimentado e não opere;
- b) Curto circuito ou sobrecarga no circuito de M1 ou M3: identificadas por D1 ou D3, respectivamente, em seus circuitos, e que, na ocorrência de uma dessas falhas, seus contatos não comutam, vistos nas Figuras 25 e 27, fazendo com que o sistema opera parcialmente, com apenas M2 em funcionamento sem o resfriamento do ambiente, e sinalize através de TERM1 e TERM3, vistos na Figura 25;
- c) Curto circuito ou sobrecarga no circuito de M2: identificadas por D2, e, na ocorrência de uma dessas falhas, seus contatos não comutam, vistos nas Figuras 25 e 27, fazendo com que o sistema não opere e sinalize através de TERM2, vistos na Figura 25;
- d) Curto circuito no sistema de comando: identificada pelos dispositivos DJM1 ou DJM2, vistos nas Figuras 21 e 27, respectivamente. Na ocorrência dessa falha, o circuito de comando não será energizado e o sistema não opera.

Na condição de pronto para operar, quando não há nenhuma dessas falhas, o sistema é acionado através do botão B1 e desligado por B0, vistos na coluna de comando A da Figura 27. A Figura 28, mostra o percurso que a corrente faz no circuito de comando. Verifica-se que os contatos que estão acima das bobinas dos contatores K1, K2 e K3 foram colocados como elementos condicionantes para o acionamento dos motores, pois a corrente deve passar por todos esses elementos até chegar à bobina. Sendo assim, essas bobinas são energizadas apenas se esses dispositivos permitirem.

O acionamento do botão (B1) faz com que a bobina do contator K2 seja energizada, como mostram as Figuras 29, 30 e 31, e, por isso, o contato principal e todos os auxiliares do contator K2 são comutados e assim permanecem até que a energia através da bobina de K2 seja cessada.

Figura 28 – Percurso que a corrente faz no circuito de comando

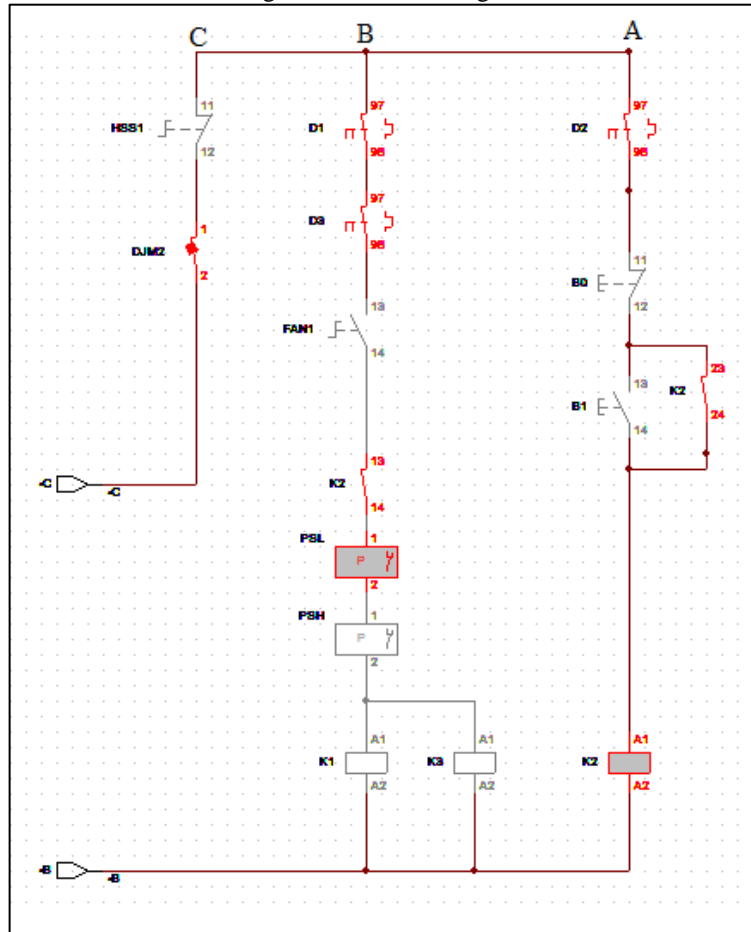


Fonte: Elaborada pelo autor.

O fechamento do contato auxiliar de K2 na coluna de comando A, mostrado na Figura 29, é quem mantém a bobina do mesmo energizada. Além disso, o contato auxiliar K2 presente no circuito de sinalização faz com que o led EVAP seja ligado, que indica o acionamento do ventilador da unidade evaporadora, Figura 30. Percebe-se, também, que na coluna de comando B, Figura 29, existe um contato normalmente aberto (NA), que comuta após a energização da bobina de K2, dando condições para que as bobinas de K1 e K3 sejam energizadas.

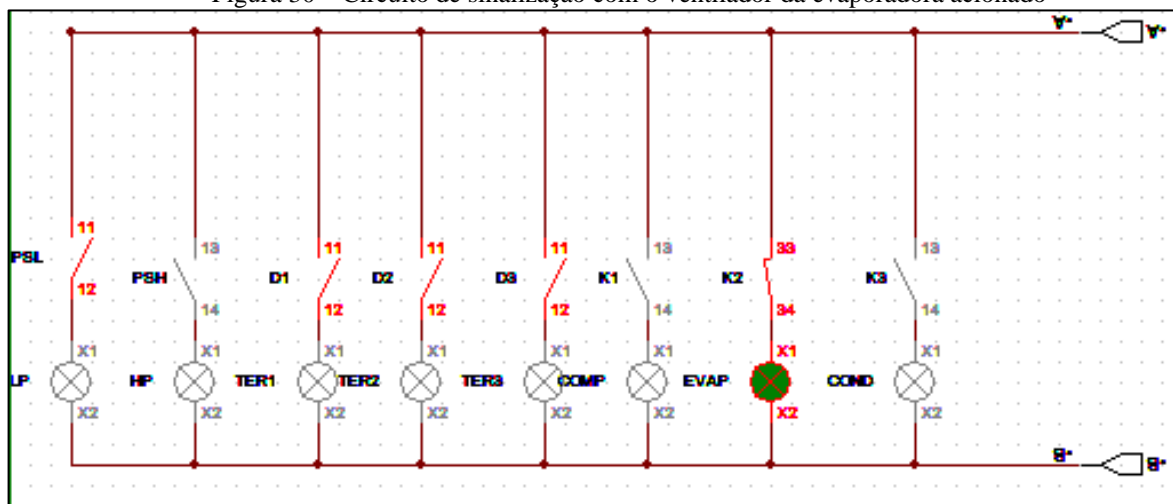
É importante notar que a energização da bobina de K2 não depende dos contatos do controlador NT935. Isso faz com que o ventilador da evaporadora (M2) fique ligado constantemente, Figura 31, até que B0 seja pressionado ou o sistema apresente alguma falha.

Figura 29 – Sistema ligado



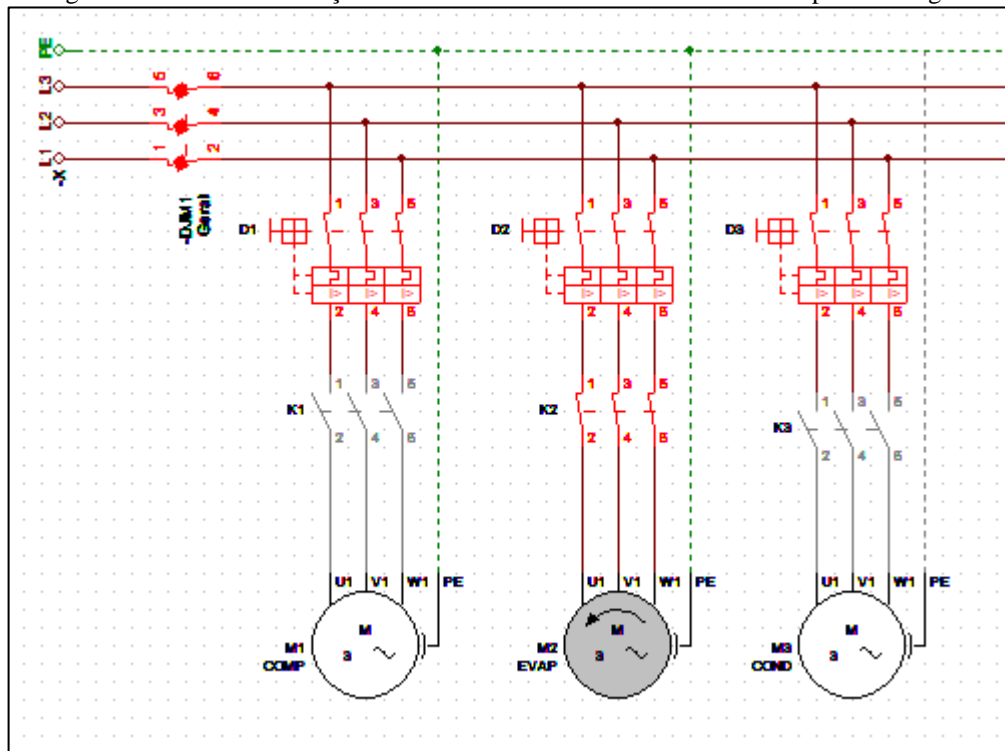
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 30 – Circuito de sinalização com o ventilador da evaporadora acionado



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 31 – Circuito de força com o motor do ventilador da unidade evaporadora ligado



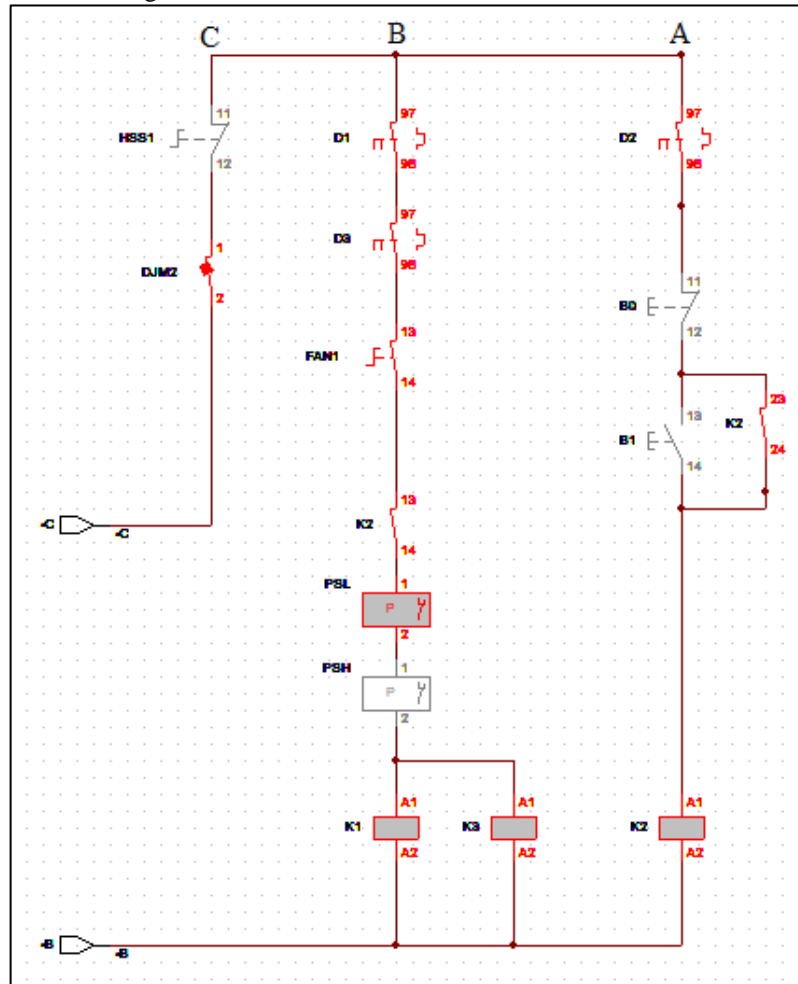
Fonte: Elaborada pelo autor.

Na coluna de comando B, Figura 32, as bobinas de K1 e K3 estão conectadas em paralelo, logo, são acionadas no mesmo instante. Para que isso ocorra, os disjuntores D1 e D3 têm que detectar que não existe falha de curto circuito ou sobrecarga e, além disso, o pressostato deve confirmar que o sistema de refrigeração não está com baixa ou alta pressão.

Após isso, cabe ao controlador NT935 atuar no sistema de acordo com a temperatura ambiente medida através do sensor de temperatura PT100 e o valor de referência estabelecido na programação.

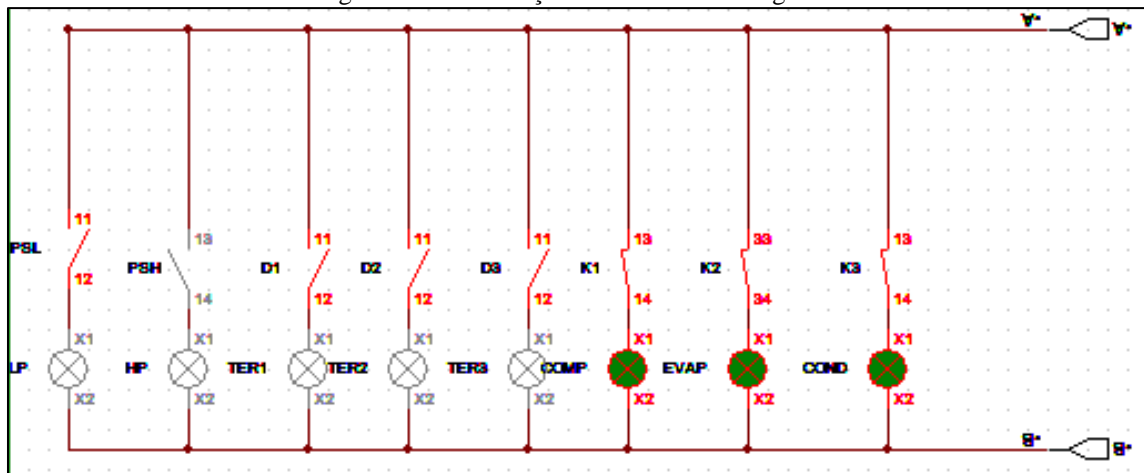
Sendo assim, quando a temperatura ambiente estiver maior ou igual à programada em FAN1 ON o contato FAN1 é fechado, como mostra a Figura 32, permitindo que as bobinas dos contatores K1 e K3 sejam energizadas fazendo com que o compressor seja ligado juntamente com o ventilador da unidade condensadora, como mostram as Figuras 33 34, iniciando o processo de resfriamento do ambiente. A condição permanecerá até que o ambiente retorne para o valor programado em FAN1 OFF, ou seja, 22°C. Na coluna C tem o botão HSS1, visto na Figura 32, que é utilizado em caso de emergência, pois ao acioná-lo, a alimentação do circuito de comando é cessada e o sistema é desligado.

Figura 32 – Circuito de comando com FAN1 fechado



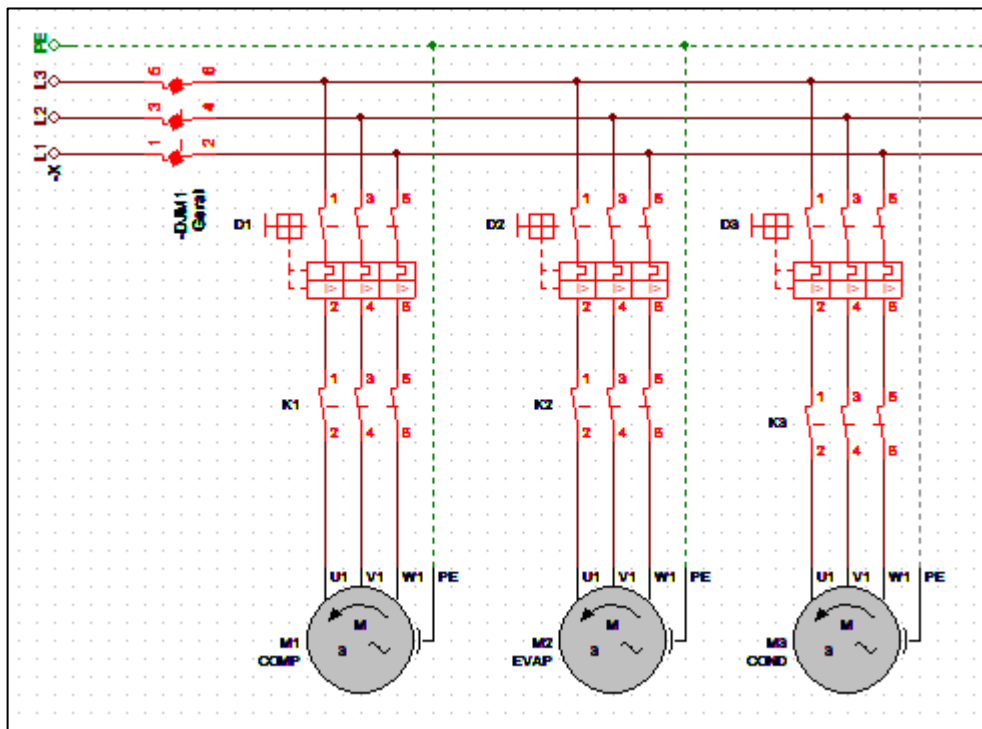
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 33 – Sinalização dos três motores ligados



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 34 – Circuito de força com os três motores ligados



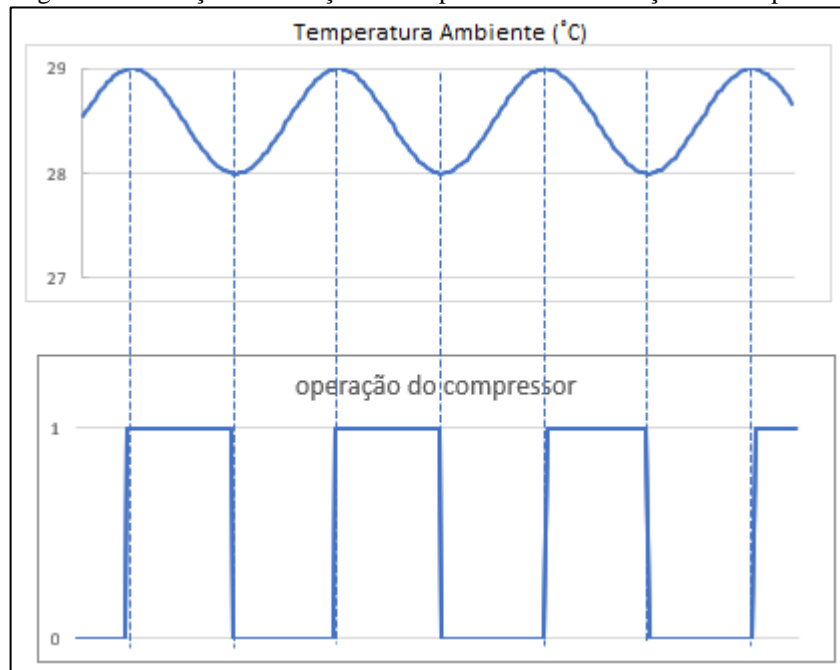
Fonte: Elaborada pelo autor.

4.4.1 Precauções de funcionamento

O comando elétrico descrito anteriormente faz com que o sistema de refrigeração trabalhe dentro da faixa de temperatura programada. Porém, deve-se ter cuidado na definição da faixa de operação, pois se for pequena e dependendo do clima da região, o sistema pode exigir dos componentes de controle um grande número de operações. Para exemplificar, considere que a temperatura ambiente da sala refrigerada tenha aquecimento natural periódico e que a temperatura programada para FAN1 ON seja de 29°C e FAN1 OFF 28°C.

A escolha desses valores pode ser um problema se o tempo que o sistema de refrigeração leva para reduzir a temperatura ambiente para a temperatura programada for muito curto. O exemplo mencionado é mostrado na Figura 35. Considerou-se uma faixa de ajuste de 1°C de diferença.

Figura 35 – Relação da variação da temperatura com a atuação do compressor



Fonte: Elaborada pelo autor.

A situação descrita, equivale dizer que os contadores irão abrir e fechar seus contatos, muitas vezes em um curto intervalo de tempo. Conseqüentemente, isto fará com que os motores liguem e desliguem na mesma frequência fazendo com que o circuito de força seja submetido à corrente de partida por muitas vezes em um pequeno intervalo de tempo. Essa é uma situação não desejada, pois fará com que os motores M1 e M3 tenham sua vida útil reduzida drasticamente. O circuito completo do sistema projetado encontra-se no Apêndice B.

4.5 Dimensionamento

4.5.1 Levantamento de Carga do circuito de força

Conforme os dados levantados dos motores, vistos na Tabela 8, e como se trata de alimentação de motores elétricos é aplicado o fator de serviço. Os resultados são apresentados a seguir:

- a) Motor compressor (M1)

$$I_{c1} = F_{S(1)} \cdot I_{n1} = 1,25 \cdot 14,5 = 18,1A \quad (9)$$

- b) Motor do ventilador evaporador (M2)

$$I_{c2} = F_{S(2)} \cdot I_{n2} = 1,25 \cdot 1,7 = 2,1A \quad (10)$$

c) Motor do ventilador do condensador (M3)

$$I_{c3} = F_{S(3)} \cdot I_{n3} = 1,25 \cdot 3,22 = 4A \quad (11)$$

4.5.2 Dimensionamento do contator de força e disjuntor motor

Para ambos os dispositivos, será utilizado a corrente I_{cn} . O contator deve possuir corrente nominal maior ou igual a corrente I_{cn} , ou do circuito que o alimenta. Já para o disjuntor motor, é necessário que a corrente I_{cn} , ou circuito que o alimenta, esteja centralizada na faixa de ajuste do disjuntor motor. Sendo assim, para as correntes I_{c1} , I_{c2} e I_{c3} , os dispositivos escolhidos são:

Partida direta do compressor (M1): o contator (K1) a ser utilizado é o CWB25-11-30 que possui máxima corrente nominal AC-3 de 25A e o disjuntor motor (D1) é o MPW40-3-U020 que possui range de ajuste de corrente de 16 a 20A e disparo magnético instantâneo de 260A.

Partida direta do ventilador do evaporador (M2): o contator (K2) a ser utilizado é o CWB9-11-30 que possui máxima corrente nominal AC-3 de 9A e o disjuntor motor (D1) é o MPW18-3-D025 que possui range de ajuste de corrente de 1,6 a 2,5A e disparo magnético instantâneo de 32,5A.

Partida direta do ventilador do condensador (M3): o contator (K3) a ser utilizado é o CWB9-11-30 que possui máxima corrente nominal AC-3 de 9A e o disjuntor motor (D3) é o MPW18-3-D063 que possui range de ajuste de corrente de 4 a 6,3A e disparo magnético instantâneo de 81,9A. Nesse caso, não foi possível utilizar um disjuntor motor que possuísse a corrente I_{c3} centralizada em seu range de ajuste, sendo I_{c3} o limite inferior do ajuste.

Todos esses dispositivos, são do fabricante WEG.

4.5.3 Dimensionamento dos condutores do circuito de força

Método da Ampacidade: para o fator de correção de agrupamento (FCA) foi considerado o correspondente a quatro circuitos, pois dentro do painel existem quadro circuitos agrupados e para o fator de correção de temperatura (FCT), foi considerado o correspondente a 35 °C.

$$I_1' = \frac{I_{c1}}{FCA \cdot FCT} = \frac{18,1}{0,65 \cdot 0,94} = 29,6A \quad (12)$$

$$I_2' = \frac{I_{c2}}{FCA \cdot FCT} = \frac{2,1}{0,65 \cdot 0,94} = 3,4A \quad (13)$$

$$I_3' = \frac{I_{c3}}{FCA \cdot FCT} = \frac{4}{0,65 \cdot 0,94} = 6,5A \quad (14)$$

O método de instalação número três e de referência B1, escolhido através da Tabela 33 da NBR 5410, será utilizado nesse projeto. Sendo assim, sabendo-se que os circuitos dos motores utilizados possuem 3 condutores carregados e verificando-se, no Anexo A, as seções do condutor (Sc) correspondente a essas informações, conclui-se que M1, M2 e M3 devem ser alimentados, respectivamente, através de condutores de seção 6mm^2 , $0,5\text{mm}^2$, $0,5\text{mm}^2$.

Método da queda de tensão: a Eq. (6) foi utilizada para determinar a seção mínima dos condutores (Sc) dos circuitos, conforme a definição de queda de tensão pretendida. Para cada circuito de força foi considerado o comprimento do cabo (Lc) de 30m e queda de tensão (ΔVc) de 4%.

Tabela 9 – Dimensionamento pelo critério da queda de tensão

circuito	Vff(V)	ρ (mm^2/m)	Lc(m)	Ic(A)	$\Delta V_c\%$	Sc(mm^2)
Compressor	440	0,017857143	30	18,1	4	1,0
Ventilador evaporador	440	0,017857143	30	2,1	4	0,1
Ventilador condensador	440	0,017857143	30	4	4	0,2

Fonte: elaborada pelo autor.

Critério de curto circuito: sabe-se que a subestação que alimenta o painel é alimentada por, pelo menos, duas outras em série sendo elas separadas por uma distância grande uma da outra. Isso levou a concluir que, no ponto onde o painel se encontra, o nível de corrente de curto circuito não seria o critério mais significativo para o dimensionamento dos condutores.

Portanto, verificando os resultados obtidos nos métodos de dimensionamento de condutores citados, é visto que as maiores seções de condutores são encontradas no método da Ampacidade. Porém, deve-se considerar, ainda, que a norma recomenda $2,5\text{mm}^2$ como seção

mínima a ser utilizada em circuito de força. Sendo assim os motores M1, M2 e M3 serão alimentados através de condutores de 6mm², 2,5mm² e 2,5mm².

4.5.4 Levantamento de carga do circuito de comando

Definindo-se os contadores é possível definir a demanda de carga do circuito de comando, os dados fornecidos pelo fabricante são mostrados na Tabela 10. Estes dados referem-se ao momento de maior demanda de potência do circuito de comando, que é quando os circuitos magnéticos dos contadores K1 e K3 estão fechando (S6) e o de K2 está fechado (S1).

Tabela 10 – Consumo de potência das bobinas dos contadores

Contadores	Circuito magnético fechando(S6)				Circuito magnético Fechado(S1)			
	S(VA)	cos φ	P(W)	Q(Var)	S(VA)	cos φ	P(W)	Q(Var)
COMPRESSOR	75	0,7	52,5	53,6	--	--	--	--
EVAPORADOR	--	--	--	--	7,5	0,27	2,025	7,2
CONDENSADOR	75	0,7	52,5	53,6	--	--	--	--

Fonte: Elaborada pelo autor.

A partir da Tabela 10, pode-se calcular a potência ativa total (P_T), potência reativa total (Q_T), potência aparente total (S_T) e o fator de potência ($\cos\varphi$) do circuito de comando.

$$P_T = P_{S6} + P_{S1} = (52,05 + 52,05) + 2,025 = 106,1 \text{ (W)} \quad (15)$$

$$Q_T = Q_{S6} + Q_{S1} = (53,6 + 53,6) + 7,2 = 114,3 \text{ (Var)} \quad (16)$$

$$S_T = \sqrt{P_T^2 + Q_T^2} = \sqrt{106,1^2 + 114,3^2} = 156 \text{ (VA)} \quad (17)$$

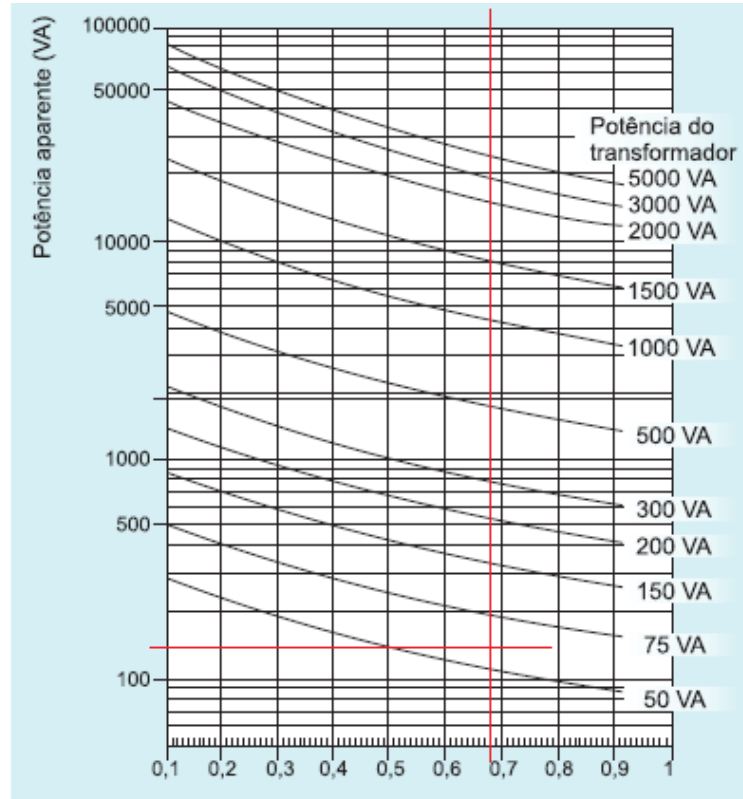
$$\cos \varphi = \frac{P_T}{S_T} = \frac{106,1}{156} = 0,68 \quad (18)$$

4.5.5 Dimensionamento do transformador de comando

Para a potência aparente do circuito de comando, 156 VA, e fator de potência, 0,68, calculados anteriormente, traça-se duas linhas paralelas aos eixos no gráfico da Figura 36, a

curva que se localiza acima do ponto de interseção indica o transformador a ser utilizado. No caso desse sistema de refrigeração, um transformador de comando de 75 VA supriria a demanda de potência do circuito proposto.

Figura 36 – Especificação do transformador de comando



Fonte: (SIEMENS, 2021)

Na tabela de escolha, Figura 37, o transformador a ser utilizado é o 4AM34 95-0BD30-0C de 75VA. A Figura 37 indica, ainda, a proteção necessária contra curto circuito que seria um fusível/disjuntor de 2A e, também, a forma de ligação dos terminais do transformador para a obtenção da tensão desejado no seu secundário.

Figura 37 – Tabela de escolha do transformador

Tipo	Potência nominal	Proteção para curto circuito ⁵⁾ Fusíveis (Diazed / Neozed)	Peso	Esquema de ligação																																
<i>Tensões primárias 220 / 380 / 440 / 480VCA e secundárias 110 / 220VCA</i>																																				
4AM34 95-0BD30-0C	75 VA	2 A	0,9 kg																																	
4AM38 95-0AQ10-0C	150 VA	2 A	2,5 kg																																	
4AM40 95-0AW00-0C	200 VA	2 A	3,1 kg																																	
4AM81 95-0AN00-0C	300 VA	2 A	4,5 kg																																	
4AM48 95-0AS10-0C	500 VA	2 A ²⁾	7,5 kg																																	
4AM57 95-0AT00-0C	1000 VA	4 A ³⁾	13,3 kg																																	
4AM59 95-0AT60-0C	1500 VA	6 A ⁴⁾	19 kg																																	
4AM65 95-0AT60-0C	2000 VA	10 A ⁵⁾	26 kg																																	
4AM75 95-0AT60-0C	3000 VA	10 A ⁵⁾	36 kg																																	
4AT36 11-5CT10-0C	5000 VA	16 A ⁶⁾	60 kg																																	
<i>Tensões primárias 220 / 380 / 440 / 480VCA e secundárias 24VCA</i>																																				
4AM30 95-0AN00-0C	50 VA	2 A	1,35 kg	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Tensões</th> <th>Interligações</th> <th>Terminais de ligação</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Primárias</td> <td>220 V</td> <td>1 com 3 / 2 com 5</td> <td>1 e 5</td> </tr> <tr> <td></td> <td>380 V</td> <td>2 com 3</td> <td>1 e 4</td> </tr> <tr> <td></td> <td>440 V</td> <td>2 com 3</td> <td>1 e 5</td> </tr> <tr> <td></td> <td>480 V</td> <td>2 com 3</td> <td>1 e 6</td> </tr> <tr> <td>Secundárias</td> <td>110 V</td> <td>7 com 8 / 9 com 10</td> <td>7 e 10</td> </tr> <tr> <td></td> <td>220 V</td> <td>8 com 9</td> <td>7 e 10</td> </tr> <tr> <td></td> <td>24 V</td> <td>8 e 9 (já interligado)</td> <td>7 e 10</td> </tr> </tbody> </table>		Tensões	Interligações	Terminais de ligação	Primárias	220 V	1 com 3 / 2 com 5	1 e 5		380 V	2 com 3	1 e 4		440 V	2 com 3	1 e 5		480 V	2 com 3	1 e 6	Secundárias	110 V	7 com 8 / 9 com 10	7 e 10		220 V	8 com 9	7 e 10		24 V	8 e 9 (já interligado)	7 e 10
	Tensões	Interligações	Terminais de ligação																																	
Primárias	220 V	1 com 3 / 2 com 5	1 e 5																																	
	380 V	2 com 3	1 e 4																																	
	440 V	2 com 3	1 e 5																																	
	480 V	2 com 3	1 e 6																																	
Secundárias	110 V	7 com 8 / 9 com 10	7 e 10																																	
	220 V	8 com 9	7 e 10																																	
	24 V	8 e 9 (já interligado)	7 e 10																																	
4AM40 95-0AN00-0C	200 VA	2 A	3,1 kg																																	
4AM81 41-5CV00-0C	300 VA	2 A	4,5 kg																																	

Fonte: Siemens (2021)

4.5.6 Dimensionamento de condutores

Critério da ampacidade: o método de instalação dos condutores será o mesmo utilizado para o circuito de força, com referência B1, com FCA e FCT, respectivamente, iguais a 0,65 e 0,94. Sendo a potência aparente (S) do circuito de comando igual a 156,62 VA e a tensão de comando 220V, a corrente do circuito de comando (I) e corrente corrigida (I') são:

$$I = \frac{S}{V} = \frac{156,62}{220} = 0,7 \text{ A} \quad (19)$$

$$I' = \frac{0,7}{0,65 \cdot 0,94} = 1,16 \text{ A} \quad (20)$$

O ANEXO A sugere um condutor de seção 0,5mm², que tem capacidade de condução de corrente de até 9 A para 2 condutores carregados.

4.5.7 Dimensionamento disjuntor geral

Somando-se a corrente total do circuito de força com a corrente do circuito de comando, o resultado é 24,9 A e com base nesse resultado, deve-se utilizar um disjuntor de 32A para atender a corrente total.

4.6 Montagem

É de extrema importância seguir as especificações técnicas sugeridas pelos fabricantes e normas e, além disso, utilizar materiais de boas qualidades para evitar perdas precoce. Deve-se seguir essas orientações pois elas garantem a segurança durante a montagem e a operação do painel.

A fixação dos dispositivos é feita no painel interno o qual possui cor laranja e pode ser removido para facilitar a montagem. Algumas das ferramentas que são utilizadas na montagem de painéis são:

- a) Parafusadeira
- b) Furadeira
- c) Rebitadeira
- d) Esquadro
- e) Trena
- f) Arco de serra
- g) Serra marmore
- h) Brocas
- i) Serra copo

O painel elétrico foi montado de acordo com o diagrama elétrico funcional do sistema, visto no Apêndice B. A relação de material principal é mostrada na Tabela 11.

Primeiramente, utilizando-se furadeira e rebitadeira, foram posicionados e fixados os trilhos, dividindo a área do painel interno em três partes aproximadamente iguais e, em seguida, as canaletas, conforme mostra a Figura 38, deixando-se o espaço de acomodação do controlador NT935. Sendo assim, foi possível fixar os dispositivos seguindo a ordem, de cima para baixo do painel interno:

- a) Minidisjuntores, relé falta e sequência de fase e transformador;
- b) Disjuntores motores;
- c) Contatores e relés auxiliares;
- d) Régua de bornes.

Para colocar os LED's de sinalização na tampa do painel, foi utilizado a serra copo junto com a furadeira para chegar à medida certa das botoeiras e sinalizadores. Ainda, na tampa do painel, foi cortado com a serra mármore o local de encaixe do controlador NT935 e, o mesmo, foi fixado.

Assim, pode-se iniciar as conexões dos cabos, identificando-os com anilhas conforme o diagrama funcional, pois facilitará as futuras manutenções proporcionando agilidade e segurança. Além disso, deve-se utilizar terminais de acordo com as seções dos condutores e o tipo de conexão. Os cabos foram conectados aos dispositivos e passados, de um dispositivo para o outro, através das canaletas.

Figura 38 – Painel concluído



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 39 – Montagem e teste do painel em bancada



Fonte: Elaborada pelo autor.

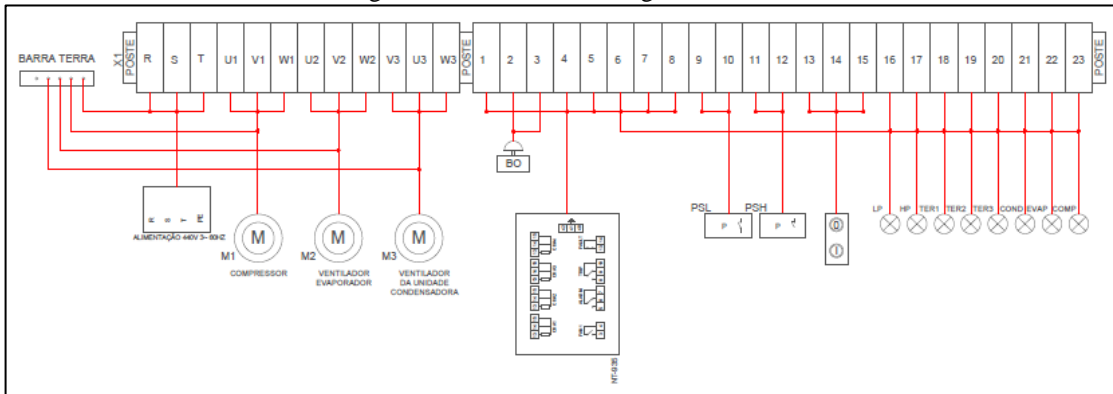
Tabela 11 – Relação de materiais

Dispositivo	Quantidade
Transformador de comando	1
Relé falta de fase	1
Botoeira de emergência	1
Botoeira tipo pulso verde	1
Botoeira tipo pulso vermelho	1
Bloco auxiliar contator	1
Pressostato	1
Sinaleiro amarelo	3
Sinaleiro vermelho	3
Controlador NT 935	1
Painel	1

Fonte: Elaborada pelo autor.

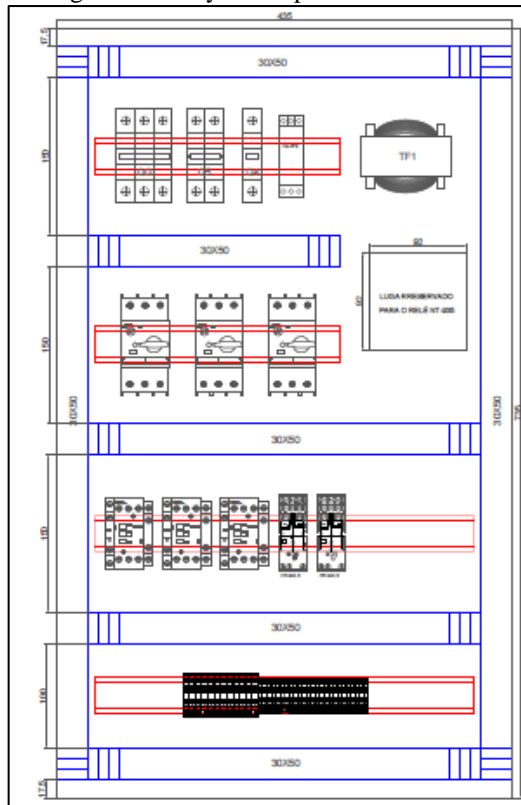
A etapa de montagem desse projeto piloto não seguiu fielmente ao *layout* projetado, pois não havia o painel do tamanho que foi proposto. Sendo assim, os próximos painéis que serão montados, devem seguir o layout proposto na Figura 41 e utilizar as conexões da régua de bornes como mostradas na Figura 40.

Figura 40 – Conexões na régua de borne



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 41 – Layout do painel de comando



Fonte: Elaborada pelo autor.

4.7 Implantação

Ainda na oficina, após a montagem do painel, são feitos os testes para verificar se as conexões entre os dispositivos foram realizadas conforme o diagrama funcional do sistema, visto no Apêndice B. Para isso, foi utilizado um alicate amperímetro com função de continuidade.

Sendo assim, através das pontas de aferição do alicate amperímetro, foi verificada a continuidade de todas as conexões existentes conforme o diagrama funcional. Esse é um processo muito importante, pois garante a funcionalidade do projeto conforme o esperado e, previne conexões de curto circuito em virtude de possíveis erros de montagem.

Além disso, foram verificados os apertos das conexões para identificar se elas estão com folga ou não, pois caso estivessem, poderiam gerar pontos quentes dentro do painel. A conexão estando nessa condição poderia causar o derretimento da isolação do condutor e, posteriormente, evoluir para um curto circuito.

Após esses testes, o painel de montagem interno, foi fixado dentro do painel e, assim, ficou pronto para ser levado para a subestação onde foi instalado. Já na subestação, ele foi fixado na parede, visto na Figura 42, e para que houvesse a conexão com o sistema foram criadas duas tubulações, sendo uma para conectar o painel ao sistema de refrigeração e outra para conectar o painel ao barramento da subestação.

Na Figura 42, é possível ver o painel já instalado na subestação com o controlador NT935 mostrando o canal CH4 medindo 24°C. Infelizmente não foi possível fazer um acompanhamento em tempo real do sistema, pois a instalação ocorreu após a conclusão do período de estágio, durante o qual o projeto foi elaborado. Entretanto, a confirmação do funcionamento do sistema foi feita através de vídeo.

Figura 42 – Painel instalado na subestação



Fonte: Elaborada pelo autor.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho foi desenvolvido durante o período de estágio curricular, com o intuito de resolver problemas apresentados nas subestações da empresa. Constatou-se que havia em grande quantidade no estoque o controlador NT935, o qual, sem finalidade atribuída, representava uma perda para a empresa. Também foi observada a necessidade de um projeto de comando para um sistema de refrigeração, importante para proporcionar conforto e segurança nas subestações que alimentam as máquinas de pátio. Além disso, o sistema anterior operava com termostato mecânico, sendo este o dispositivo que mais ocasionava a parada do sistema, principalmente, em tempos chuvosos, por problemas de congelamento em virtude de erro de leitura. A inclusão do controlador NT935 corrigiu esses problemas, pois realiza medições mais precisas através do PT100.

Em algumas subestações o local de instalação do painel antigo era de difícil acesso, sendo necessário o uso de andaime para a realização de manutenção e isso era um fator que impedia a retomada da máquina com agilidade. Já o novo painel, foi instalado dentro da subestação, sem necessidade de realizar atividade em altura.

Como demonstrado, o trabalho foi capaz de resolver os problemas através de uma proposta de painel de comandos. Vale ressaltar que após a implementação do projeto piloto, o mesmo foi analisado pelo departamento de Engenharia da empresa e posteriormente replicado para outras máquinas de pátio.

O trabalho constituiu expressiva fase de consolidação de conhecimentos, com destaque para a criação da lógica de comando elétrico, consulta a material técnico, aprendizado de normas e boas práticas de projeto, além de conhecimento de dispositivos.

Há que se destacar também as práticas de simulação. A partir do programa desenvolvido no *software* Cade_simu foi possível prever, com certa confiança, o funcionamento do sistema proposto, o que evitou falhas sobre o painel físico, economizando tempo de serviço e proporcionando segurança.

O dimensionamento do circuito foi outra etapa importante, visto que a execução adequada tornou possível a implantação do projeto piloto com segurança e economia, uma vez que, se o circuito for superdimensionado, traria gastos desnecessários; e se for mal dimensionado, oferece o risco de não atender à demanda, reduzir a vida útil dos dispositivos, aumentar o número de manutenções e até provocar acidentes.

Vale também destacar o aprendizado sobre os controladores eletrônicos NT935. Devido à aplicação diferenciada, foi necessário estudar profundamente o dispositivo, uma vez que sua

aplicação principal era como relé de segurança e monitoramento da temperatura dos transformadores das subestações.

Vale mencionar algumas dificuldades que surgiram durante a execução do trabalho. Uma delas foi o levantamento das características dos motores, pois como se trata de máquinas em operação encapsuladas em estrutura metálica de difícil acesso, não foi possível obter os dados completos. Felizmente foi possível contornar a falta de informação estimando através de medições das correntes consumidas por cada motor em funcionamento.

Outra dificuldade foi a alta demanda de ordem de serviços da empresa, que fez com que não houvesse uma equipe inteiramente dedicada ao projeto. Além disso, o fato de o início do projeto ter coincidido com o final do período de estágio, dificultou o acompanhamento após a implementação do projeto piloto.

Como trabalhos futuros, recomenda-se ao projetista buscar meios para ter as características exatas dos motores do sistema, de forma a promover um dimensionamento mais em conformidade com as normas. Outra recomendação seria a implementação de um sistema de monitoramento remoto com o qual seria possível analisar o sistema de refrigeração a distância e em tempo real, o que possibilita aprimorar o cronograma de manutenção.

BIBLIOGRAFIA

A MAIOR EMPILHADEIRA DO MUNDO ESTÁ NO BRASIL. **A&M do Brasil**, 2021. Disponível em: <https://aemdobrasil.com.br/a-maior-empilhadeira-do-mundo-esta-no-brasil/>. Acesso em: 28 nov. 2021.

ABB. **Catalog Interface relays and optocouplers CR-S, CR-P, CR-M, CR-U and R600**. [S.l.]: [S.n.], 2021. Disponível em: https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=2CDC110004C0210_05&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch. Acesso em: 16 outubro 2021.

ABB. Contatores de 3 polos AX. **ABB**, 2021. Disponível em: <https://new.abb.com/low-voltage/pt/produtos/protecao-de-motores/contatores-de-3-polos-e-reles-de-sobrecarga-para-partida-de-motores-e-manobras-em-potencia/contatores-ax>. Acesso em: 23 dezembro 2021.

ABB. **Linha de contatores ax Controle simplificado A perforce que você precisa**. [S.l.]: [S.n.].

ABNT, NBR 5. **Instalações elétricas de baixa tensão**. [S.l.]: [S.n.], 2004.

ALEXANDER, Charles K.; SADIKU, Matthew N. O. **Fundamentos de Circuitos Elétricos**. Tradução de José Lucimar Nascimento. 5ª. ed. Porto Alegre: AMGH, 2013.

ALVES, Rodolfo. FUSÍVEIS: AS CARACTERÍSTICAS E APLICAÇÕES NA INDÚSTRIA. **Conhecendo a Elétrica.com**, 2019. Disponível em: <https://www.conhecendoaeletrica.com/blog/2019/04/21/tipos-de-fusiveis-as-caracteristicas-e-aplicacoes-na-industria/>. Acesso em: 09 outubro 2020.

ATHOS ELECTRONICS. **Athos Electronics**, 09 junho 2020. Disponível em: <https://athoselectronics.com/contator/#:~:text=Como%20funcionam%20os%20contatores,normalmente%20aberto%20e%20normalmente%20fechado.&text=Assim%2C%20quando%20a%20bobina%20%C3%A9,j%C3%A1%20que%20eles%20s%C3%A3o%20met%C3%A1licos>.

CHAPMAN, Stephen J. **Fundamentos de Máquinas Elétricas**. [S.l.]: AMGH, 2013.

CREDER, Hélio. **Instalações Elétricas**. 16ª. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

DISTÂNCIA entre cidades. **DistanciAcidades.net**, 2021. Disponível em: <http://br.distanciAcidades.net/calcular?from=cana%C3%A3%20dos%20caraj%C3%A1s&to=Bel%C3%A9m>. Acesso em: 28 nov. 2021.

FILHO, João M. **Instalações Elétricas Industriais**. 9ª. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017.

FILIPPO, Guilherme; DIAS, Rubens A. **Comandos Elétricos Componentes discretos, Elementos de Manobra e Aplicações**. 1ª. ed. São Paulo: Érica, 2014.

FRANCHI, Claiton M. **Acionamentos Elétricos**. 4ª. ed. São Paulo: Éricka Ltda, 2008.

FRANCHI, Claiton M. **Inversor de Frequência Teoria e Aplicações**. 2ª. ed. São Paulo: Érica, 2013.

INOVAÇÃO TECNOLÓGICA. Transformadores elétricos podem variar carga conforme temperatura ambiente. **Inovação Tecnológica**, 2021. Disponível em: https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=carga-maxima-transformadores-eletricos&id=010115210609#.YNZonkxv_IV. Acesso em: 25 junho 2021.

LEFOO. A função do pressostato em compressor de ar. **Lefoo**, 2018. Disponível em: <https://www.lefoo.com.br/novidades/a-funcao-do-pressostato-em-compressor-de-ar>. Acesso em: 21 junho 2021.

MATTEDE, Henrique. Tipos de motores elétricos, quais são? **Mundo da elétrica**, 2014. Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br/tipos-de-motores-eletricos-quais-sao/#bio>. Acesso em: 19 jan. 2021.

NASCIMENTO, G. **Comandos Elétricos Teoria e Atividades**. São Paulo: Érica Ltda, 2012.

NASCIMENTO, G. **Comandos Elétricos Teoria e Atividades**. 2ª. ed. São Paulo: érica, 2018.

NIGRI, Carolina. Saiba qual é a diferença entre 3 tipos de ar condicionado: ar de parede, Split e central. **Fluxo consultoria**, 2021. Disponível em: <https://fluxoconsultoria.poli.ufrj.br/blog/diferenca-entre-ar-condicionado/>. Acesso em: 24 Junho 2021.

RÊGO, Allan K.; RODRIGUES, Cristiano L. C. **Eletrônica de Potência e Acionamentos Elétricos**. Ouro Preto: Rede e-Tec Brasil, 2015.

ROSSETTO , Rodrigo. MODELAGEM COMPUTACIONAL NO SIMULINK PARA ANÁLISE NA PARTIDA DIRETA DE MOTORES DE INDUÇÃO TRIFÁSICOS. **Sinergia**, dez. 2015.

SEAAN. Apostila Comandos Elétricos Básico. **SEAAN Automação**, 2014. Disponível em: <https://www.seaan.com.br/cursos/comandos-eletricos-basico/apostila/>. Acesso em: 12 Novembro 2020.

SENAI-RJ. **Elementos de Comandos Elétricos**. Rio de Janeiro: [S.n.], 2003.

SIEMENS. **Transformador de comando 4AM**. [S.l.]: [S.n.], 2021. Disponível em: https://www.cfweletrica.com.br/public/imgs/up/siemens_trafo_am.pdf. Acesso em: 20 outubro 2021.

SIEMENS. Transformadores de comando 4AM. [S.l.]: [s.n.]. Disponível em: https://www.cfweletrica.com.br/public/imgs/up/siemens_trafo_am.pdf. Acesso em: 20 outubro 2021.

SOBRE a Vale. **Vale**, 2015. Disponível em: <http://www.vale.com/brasil/PT/aboutvale/news/Paginas/conheca-supermaquinas-terminal-ponta-madeira.aspx>. Acesso em: 28 Novembro 2021.

STOECKER, W. F.; SAIZ JABARDO, J. M. **Refrigeração Industrial**. 2ª. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2002.

TECSYSTEM TEMPERATURE PROTECTION RELAYS & VENTILATION. **Instruction Manual NT935**. Corsico: [S.n.], 2019. Disponível em: <https://www.tecsystem.it/en/?s=nt935>. Acesso em: 15 junho 2021.

UMANS, Stephen D. **Máquinas Elétricas de Fitzgerald e Kingsley**. Tradução de Anatólio Laschuk. 7ª. ed. Porto Alegre: AMGH, 2014.

VALE. **Vale**, 2021. Disponível em: <http://www.vale.com/hotsite/PT/Documents/noticias/vale-obtem-licenca.html>. Acesso em: 28 nov. 2021.

WEG. **Módulo 1 Comando e proteção Centro de Treinamento de clientes**. [S.l.]: [S.n.], [201-?]. Disponível em: [https://docente.ifsc.edu.br/rafael.grebogi/MaterialDidatico/Eletromecanica/Eletricidade%20Industrial%20\(OLD\)/M1%20-%20Comando%20e%20Prote%C3%A7%C3%A3o.pdf](https://docente.ifsc.edu.br/rafael.grebogi/MaterialDidatico/Eletromecanica/Eletricidade%20Industrial%20(OLD)/M1%20-%20Comando%20e%20Prote%C3%A7%C3%A3o.pdf). Acesso em: 8 novembro 2021.

WEG. Seleção de Motores Elétricos. **weg**, 2008. Disponível em: http://ecatalog.weg.net/tec_cat/tech_motor_sel_web.asp. Acesso em: 21 Janeiro 2021.

WEG. **CEW - COMANDO E SINALIZAÇÃO Praticidade e segurança para comando e sinalização**. [S.l.]: [S.n.], 2021. Disponível em: <https://static.weg.net/medias/downloadcenter/hfe/h38/WEG-comando-e-sinalizacao-CEW-50009829-catalogo-pt.pdf>. Acesso em: 16 outubro 2021.

WEG. **CWB - CONTADORES**. **WEG**, 2021. Disponível em: <https://static.weg.net/medias/downloadcenter/hb6/h0a/WEG-contadores-CWB-50042424-pt.pdf>. Acesso em: 05 abr. 2021.

WEG. **CWCA0 - Contadores auxiliares**. **WEG**, 2021. Disponível em: <https://www.weg.net/catalog/weg/US/pt/Controls/Contadores/Contadores-auxiliares/CWCA0-->

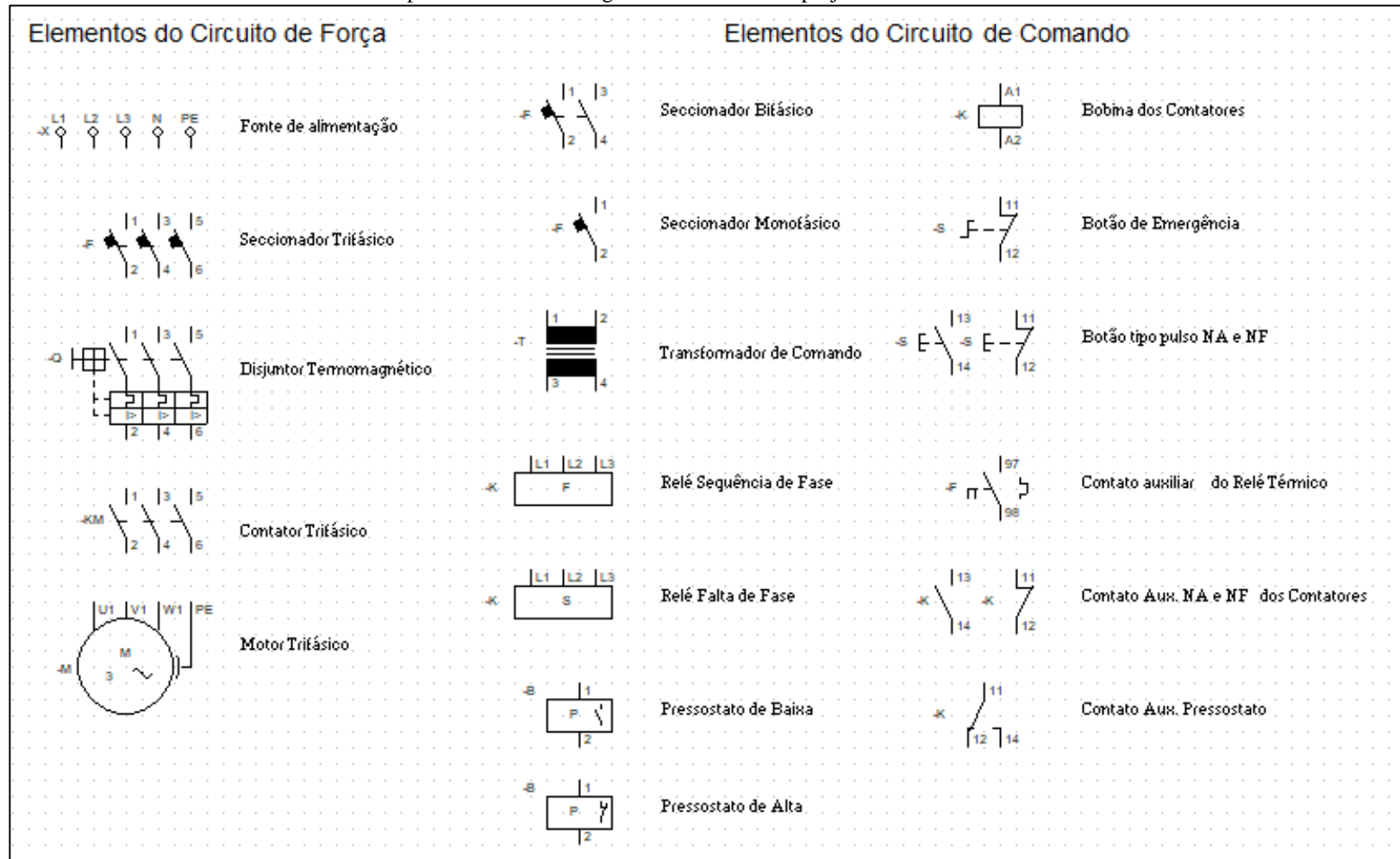
-Contatores-auxiliares/CWCA0---Contatores-auxiliares/p/MKT_WDC_GLOBAL_CONTACTORS_CWCA0. Acesso em: 23 Dezembro 2021.

WEG. GUIA DE ESPECIFICAÇÃO MOTORES ELÉTRICOS. **weg**, Jaraguá do Sul, 2021. Disponível em: <https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h32/hc5/WEG-motores-eletricos-guia-de-especificacao-50032749-brochure-portuguese-web.pdf>. Acesso em: 21 jan. 2021.

WEG. Seleção de motores elétricos. **WEG**, 2022. Disponível em: https://ecatalog.weg.net/tec_cat/tech_motor_sel_web.asp#. Acesso em: 15 fevereiro 2022.


WEG. Automação guia de seleção de partida. Disponível em: www.weg.net. Acesso em: 19 maio 2021.

Apêndice A – Simbologia dos elementos do projeto no CADE SIMU

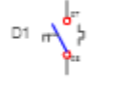

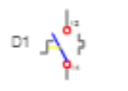





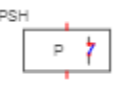

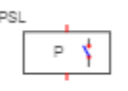

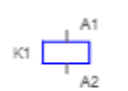

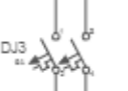
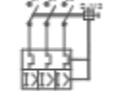




Fonte: elaborada pelo autor

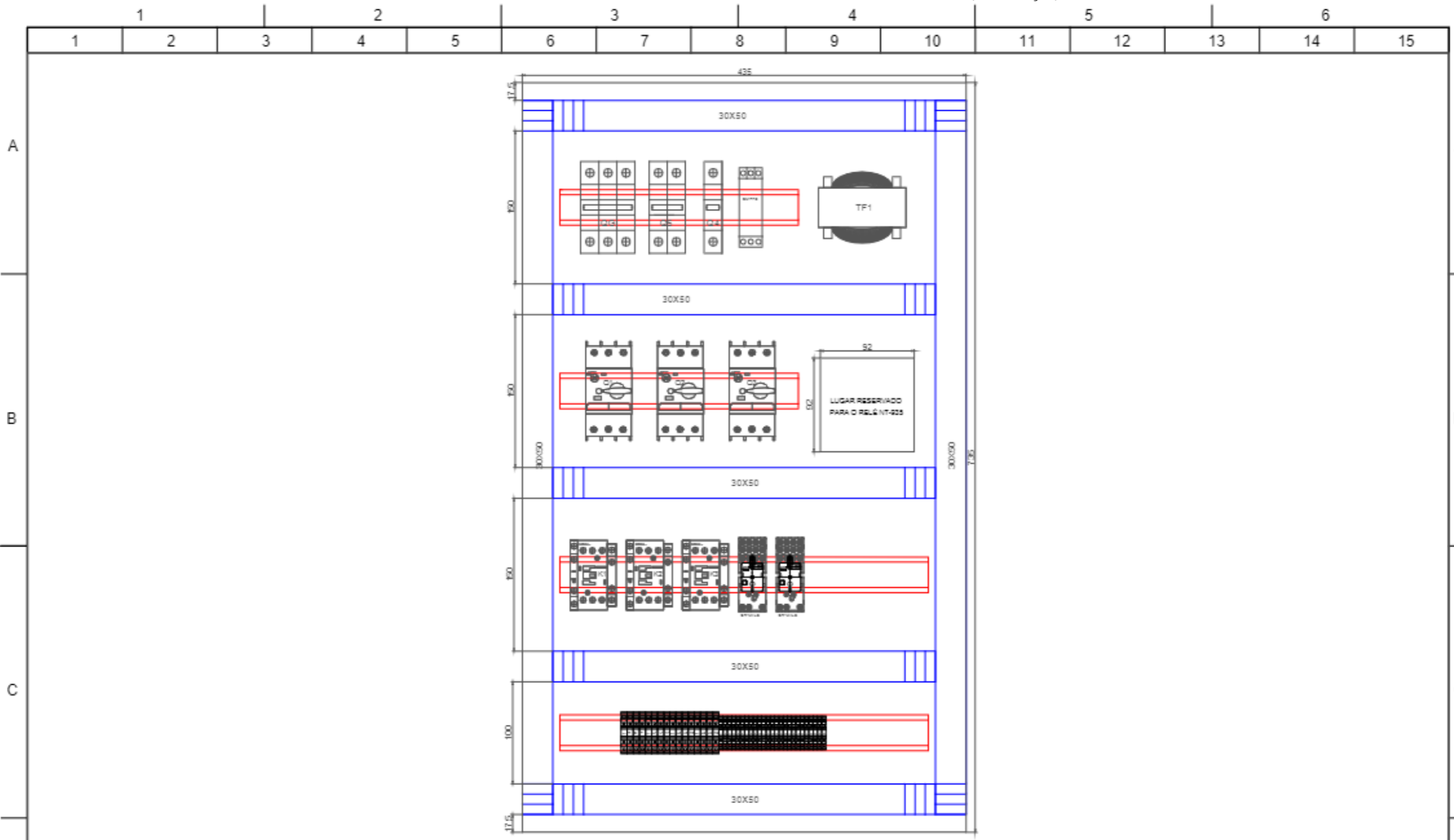
Apêndice B – Projeto Elétrico de Sistema de Refrigeração de Subestações
(continua)

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
A		<p>PROJETO ELÉTRICO DE SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO DE SUBESTAÇÕES</p>														A	
B		<p>COMPLEXO SERRA SUL – VALE</p>														B	
C																C	
D		Estagiário de Engenharia:					Empresa:					Data:					D
		BORGES JUNIOR					VALE					07/02/2020					
		José Antônio Borges Ribeiro					Projeto:					Folha:					
		Técnico Responsável:					PROJETO FERRO CARAJÁS S11D					1/10					
		RICARDO BRAGA					KAIZEN										
		Revisado pelo Engenheiro:					SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO DE SUBESTAÇÕES										
							Escala:					Sem escala					

Apêndice B – Projeto Elétrico de Sistema de Refrigeração de Subestações
(continuação)

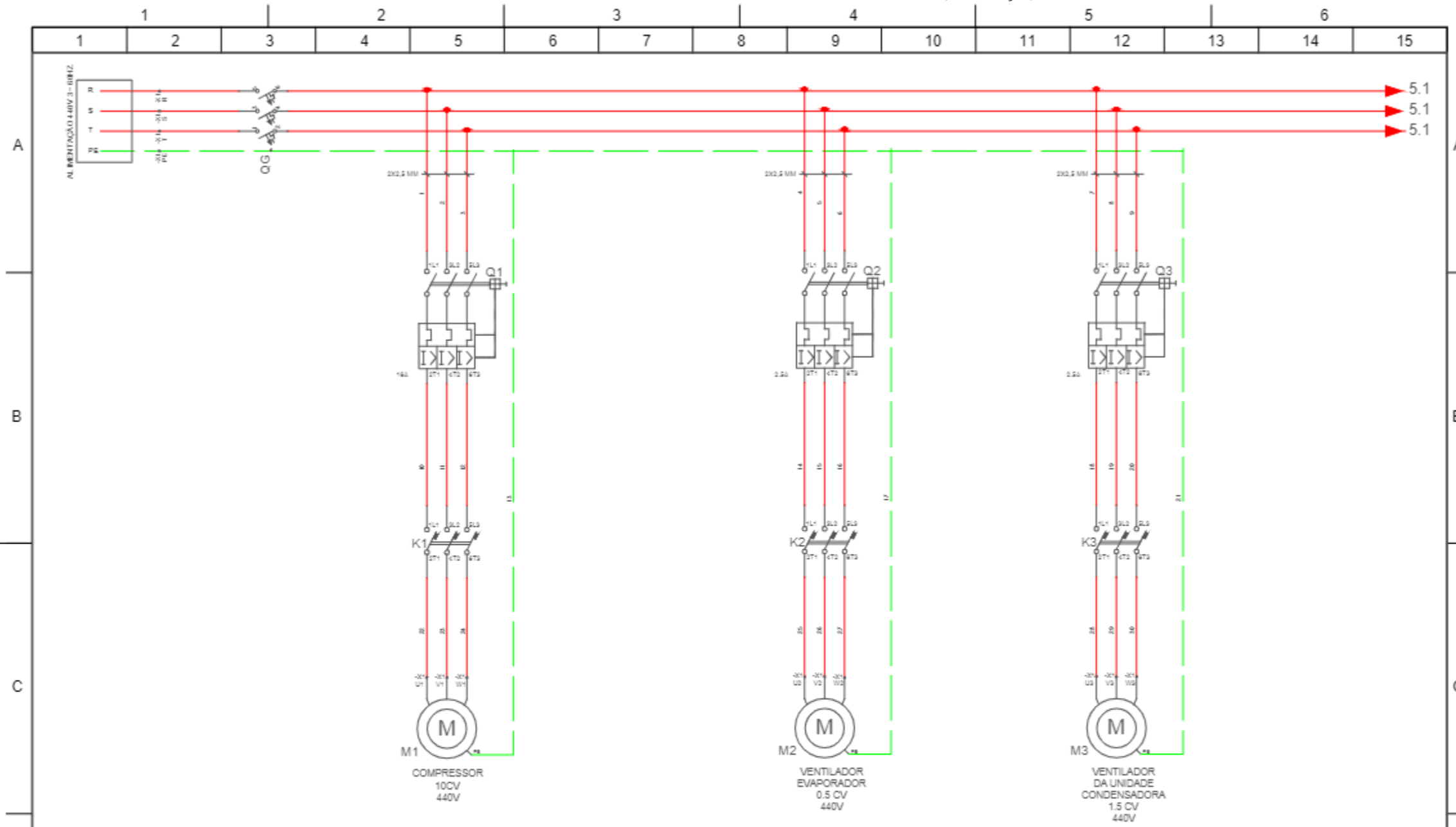
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	B	C	D		CONTATO AUXILIAR NORMALMENTE ABERTO DO RELÉ TÉRMICO.		DIJUNTOR MONOFÁSICO									
					CHAVE DE EMERGÊNCIA.		CONTATO AUXILIAR NORMALMENTE ABERTO									
					BOTÃO DE LIGA.		CONTATO AUXILIAR NORMALMENTE FECHADO									
					BOTÃO DE DESLIGA.		SINAL LUMINOSO									
					SENSOR PRESSOSTATO DE ALTA		MOTOR TRIFÁSICO									
					SENSOR PRESSOSTATO DE BAIXA		CONTATOR									
					BOBINA DO CONTATOR		ALIMENTAÇÃO TRIFÁSICA									
					DINJUNTOR BIFÁSICO.		DINJUNTOR TERMOMAGNÉTICO									
							TRANSFORMADOR DE COMANDO									
		Estagiário de Engenharia: BORGES JUNIOR José Antônio Borges Ribeiro					Empresa: VALE					Data: 07/02/2020				
		Técnico Responsável: RICARDO BRAGA					Projeto: PROJETO FERRO CARAJÁS S11D					Folha: 2/10				
		Revisado pelo Engenheiro:					KAIZEN SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO DE SUBESTAÇÕES					Escala: Sem escala				

Apêndice B – Projeto Elétrico de Sistema de Refrigeração de Subestações
(continuação)



	Estagiário de Engenharia: BORGES JUNIOR José Antônio Borges Ribeiro	Empresa: VALE	Data: 07/02/2020
	Técnico Responsável: RICARDO BRAGA	Projeto: PROJETO FERRO CARAJÁS S11D	Folha: 3/10
	Revisado pelo Engenheiro:	KAIZEN SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO DE SUBESTAÇÕES	
		Escala: Sem escala	

Apêndice B- Projeto Elétrico de Sistema de Refrigeração de Subestações
(continuação)

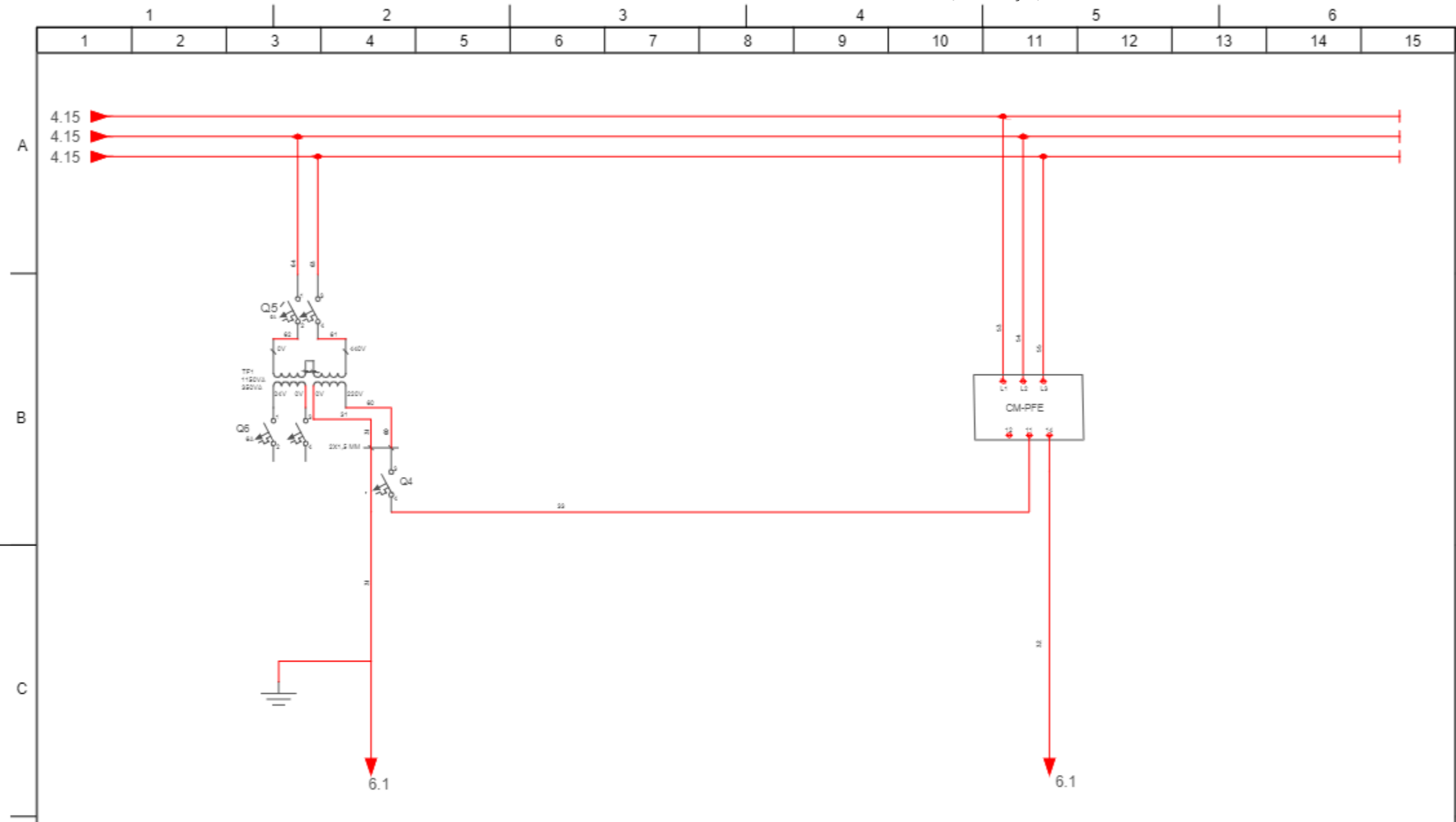


Estagiário de Engenharia:
BORGES JUNIOR
José Antônio Borges Ribeiro
Técnico Responsável:
RICARDO BRAGA
Revisado pelo Engenheiro:

Empresa: VALE
Projeto: PROJETO FERRO CARAJÁS S11D
KAIZEN
SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO DE SUBESTAÇÕES
Escala: Sem escala

Data: 07/02/2020
Folha: 4/10

Apêndice B – Projeto Elétrico de Sistema de Refrigeração de Subestações
(continuação)

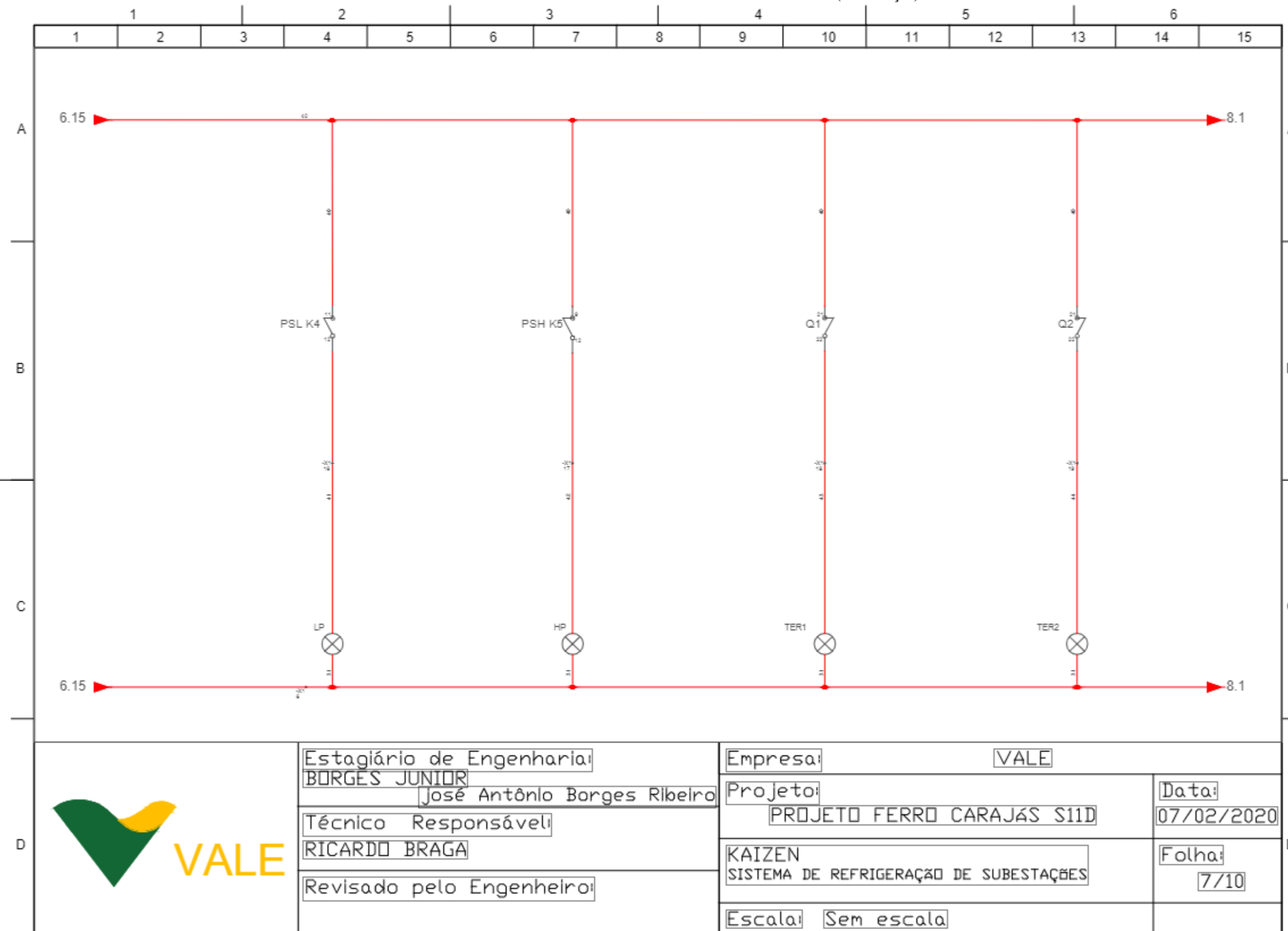


Estagiário de Engenharia:
BORGES JUNIOR
José Antônio Borges Ribeiro
Técnico Responsável:
RICARDO BRAGA
Revisado pelo Engenheiro:

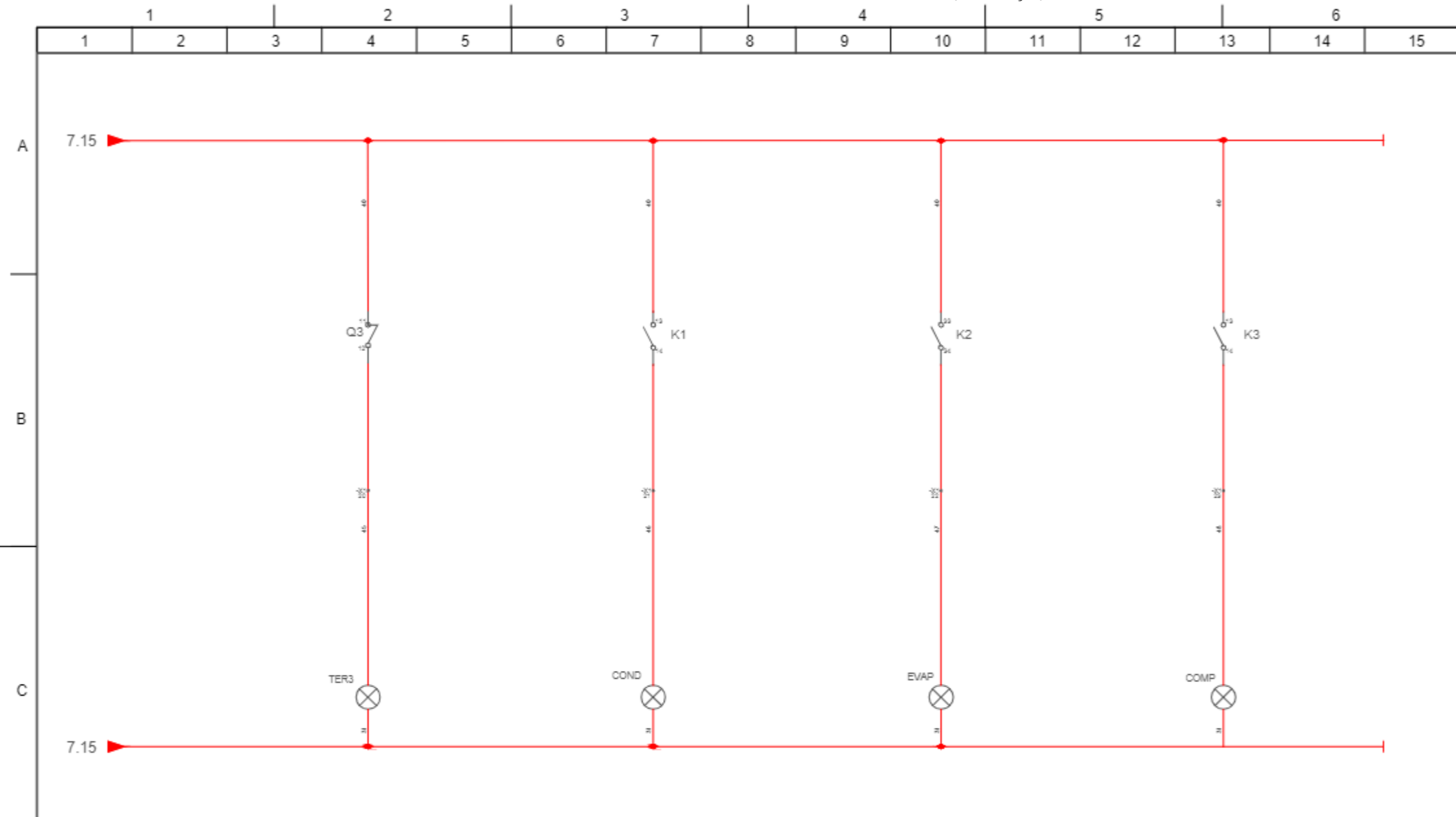
Empresa: VALE
Projeto: PROJETO FERRO CARAJÁS S11D
KAIZEN
SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO DE SUBESTAÇÕES
Escala: Sem escala

Data: 07/02/2020
Folha: 5/10

Apêndice B – Projeto Elétrico de Sistema de Refrigeração de Subestações
(continuação)

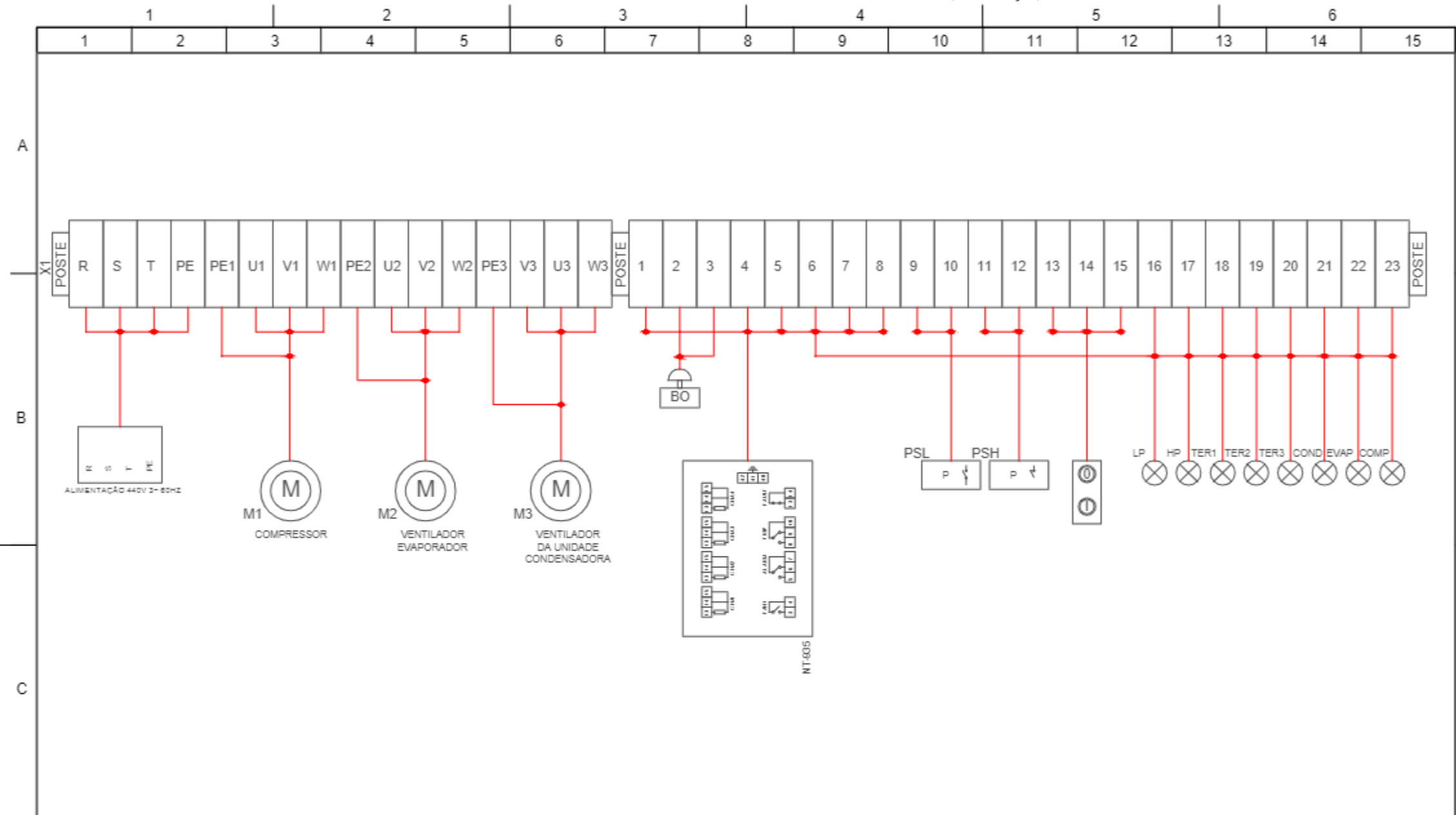


Apêndice B – Projeto Elétrico de Sistema de Refrigeração de Subestações
(continuação)



	Estagiário de Engenharia: BORGES JUNIOR	Empresa: VALE	Data: 07/02/2020
	Técnico Responsável: RICARDO BRAGA	Projeto: PROJETO FERRO CARAJÁS S11D	
	Revisado pelo Engenheiro:	KAIZEN SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO DE SUBESTAÇÕES	Folha: 8/10
		Escala: Sem escala	

Apêndice B – Projeto Elétrico de Sistema de Refrigeração de Subestações
(continuação)



Estagiário de Engenharia:
BORGES JUNIOR
José Antônio Borges Ribeiro
Técnico Responsável:
RICARDO BRAGA
Revisado pelo Engenheiro:

Empresa: VALE
Projeto: PROJETO FERRO CARAJÁS S11D
KAIZEN
SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO DE SUBESTAÇÕES
Escala: Sem escala

Data: 07/02/2020
Folha: 9/10

ANEXOS

ANEXO A – Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D, para condutores de cobre ou alumínio com isolação PVC.

Seções nominais mm ²	Métodos de referência											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	Número de condutores carregados											
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
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
35	99	89	92	83	125	110	111	99	138	119	125	103
50	119	108	110	99	151	134	133	118	168	144	148	122
70	151	136	139	125	192	171	168	149	213	184	183	151

ANEXO B – Fatores de correção aplicáveis a condutores agrupados em feixe (em linhas abertas ou fechadas) e a condutores agrupados num mesmo plano, em camada única

Ref.	Forma de agrupamento dos condutores	Número de circuitos ou de cabos multipolares												Tabela dos métodos de referência
		1	2	3	4	5	6	7	8	9 a 11	12 a 15	16 a 19	≥ 20	
1	Em feixe: ao ar livre ou sobre superfície; embutidos; em conduto fechado	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38	36 a 39 (métodos A a F)
2	Camada única sobre parede, piso, ou em bandeja não perfurada ou prateleira	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70				36 e 37 (método C)
3	Camada única no teto	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61				
4	Camada única em badeja perfurada	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72				38 e 39 (métodos E e F)
5	Camada única sobre leito, suporte etc.	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78				

Fonte: (ABNT, 2004, p. 108)

ANEXO C – Limites de queda de tensão

Item	Tipo da instalação	Início da instalação	Queda de tensão em % da tensão nominal
A	Instalações alimentadas através de subestação própria	Terminais secundários do transformador de MT/BT	7%
B	Instalações alimentadas através de transformador da companhia distribuidora de energia elétrica	Terminais secundários do transformador de MT/BT, quando o ponto de entrega for aí localizado	7%
C	Instalações alimentadas através da rede secundária de distribuição da companhia distribuidora de energia elétrica	Ponto de entrega	5%
D	Instalações alimentadas através de geração própria (grupo gerador)	Terminais do grupo gerador	7%

Fonte: ABNT (2004)

ANEXO D – Seção reduzida do condutor neutro

Seção dos condutores de fase mm ²	Seção reduzida do condutor neutro mm ²
$S \leq 25$	S
35	25
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	185

Fonte: ABNT (2004)

ANEXO E – Categoria de emprego de contatores conforme IEC 947
(continua)

Tipo de Corrente	Categoria de Emprego	Aplicações Típicas
AC	AC-1	Manobras leves; carga ôhmica ou pouco indutiva (aquecedores, lâmpadas incandescentes e fluorescentes compensadas)
	AC-2	Manobras leves; comando de motores com anéis coletores (guinchos, bombas, compressores). Desligamento em regime.
	AC-3	Serviço normal de manobras de motores com rotor gaiola (bombas, ventiladores, compressores). Desligamento em regime. *
	AC-4	Manobras pesadas. Acionar motores com carga plena; comando intermitente (pulsatório); reversão e plena marcha e paradas por contracorrente (pontes rolantes, tornos, etc.).
	AC-5a	Chaveamento de controle de lâmpadas de descargas elétricas
	AC-5b	Chaveamento de lâmpadas incandescentes
	AC-6a	Chaveamento de transformadores
	AC-6b	Chaveamento de banco de capacitores
	AC-7a	Aplicações domésticas com cargas pouco indutivas e aplicações similares
	AC-7b	Cargas motoras para aplicações domésticas
	AC-7b	Cargas motoras para aplicações domésticas
	AC-8a	Controle de compressor-motor hermeticamente refrigerado com reset manual para liberação de sobrecarga**
	AC-8b	Controle de compressor-motor hermeticamente refrigerado com reset automático para liberação de sobrecarga**

ANEXO E – Categoria de emprego de contadores conforme IEC 947
(continua)

Tipo de Corrente	Categoria de Emprego	Aplicações Típicas
AC	AC-12	Controle de cargas resistivas e cargas de estado sólido com isolamento através de acopladores ópticos.
	AC-13	Controle de cargas de estado sólido com transformadores de isolação
	AC-14	Controle de pequenas cargas eletromagnéticas ($\leq 72VA$)
	AC-15	Controle de cargas eletromagnéticas ($>72VA$)
	AC-7b	Cargas motoras para aplicações domésticas
	AC-8a	Controle de compressor-motor hermeticamente refrigerado com reset manual para liberação de sobrecarga**
	AC-8b	Controle de compressor-motor hermeticamente refrigerado com reset automático para liberação de sobrecarga**
	AC-12	Controle de cargas resistivas e cargas de estado sólido com isolamento através de acopladores ópticos.
	AC-13	Controle de cargas de estado sólido com transformadores de isolação
	AC-14	Controle de pequenas cargas eletromagnéticas ($\leq 72VA$)
	AC-15	Controle de cargas eletromagnéticas ($>72VA$)

ANEXO E– Categoria de emprego de contatores conforme IEC 947
(conclusão)



































Tipo de Corrente	Categoria de Emprego	Aplicações Típicas
AC	AC-7b	Cargas motoras para aplicações domésticas
	AC-8a	Controle de compressor-motor hermeticamente refrigerado com reset manual para liberação de sobrecarga**
	AC-8b	Controle de compressor-motor hermeticamente refrigerado com reset automático para liberação de sobrecarga**
	AC-12	Controle de cargas resistivas e cargas de estado sólido com isolamento através de acopladores ópticos.
	AC-13	Controle de cargas de estado sólido com transformadores de isolação
	AC-14	Controle de pequenas cargas eletromagnéticas ($\leq 72VA$)
	AC-15	Controle de cargas eletromagnéticas ($>72VA$)
DC	DC-1	Cargas não Indutivas ou pouco indutivas, (fornos de resistência)
	DC-3	Motores CC com Excitação independente: partindo, em operação contínua ou em chaveamento intermitente. Frenagem dinâmica de motores CC.
	DC-6	Chaveamento de lâmpadas incandescentes
	DC-13	Controle de eletroímãs
	DC-14	Controle de cargas eletromagnéticas que têm resistores de economia no circuito

* A categoria AC-3 pode ser usada para regimes intermitentes ocasionais por um período de tempo limitado como em set-up de máquinas; durante tal período de tempo limitado o número de operações não pode exceder 5 por minuto ou mais que 10 em um período de 10 minutos.

** Motor compressor hermeticamente refrigerado é uma combinação que consiste em um compressor e um motor, ambos enclausurados em um invólucro, com eixo não externo, onde o motor opera neste meio refrigerante

ANEXO F – Programação NT935 Basic/AD

(continuar)

PASSO	PRESSIONE	EFEITO	PRESSIONE	NOTA
1		Mantenha a tecla PRG pressionada até aparecer no display PRG		
2		Selecione PRG SET para proceder com a programação o PRG 1 para carregar os valores padrão.	 	PRG 1 dados padrão
3		Aparece o limite de ALARM para (CH 1-2-3) Coloque o limite desejado, led Alarm piscando.	 	Padrão 90°C
4		Aparece o limite de TRIP para (CH 1-2-3) led Trip piscando.		
5		Coloque o limite desejado	 	Padrão 115°C
6		No display aparece FAN1 (CH 1-2-3) led Fan1 piscando.		Padrão YES
7		Selecione YES / NO / INT	 	Se selecionou INT leia notas função pág.17
8		No display aparece (CH4) Ativação CH4		
9		Selecione YES ou NO	 	Com YES o CH4 é ativado com NO o CH4 é desativado
10		Aparece o limite de ALARM para (CH4), led Alarm piscando.		Se CH4=NO pule p/ passo 16, Padrão NO
11		Selecione o limite desejado	 	Padrão 120°C
12		Aparece o limite de TRIP para (CH4), led Trip piscando.		
13		Selecione o limite desejado	 	Padrão 140°C
14		No display aparece FAN2 para (CH4)		Padrão Yes
15		Selecione YES/NO	 	
16		No display aparece ON (CH 1-2-3), led FAN1 piscando		Padrão 70°C
17		Selecione o limite FAN1 ON desejado	 	Se selecionou FAN 1 NO pule p/ o passo 21 se selecionou INT piscando o led FAN1 e FAN2
18		No display aparece OFF (CH 1-2-3), led FAN1 piscando		Padrão 60°C
19		Selecione o limite FAN1 OFF desejado	 	
20		No display aparece ON (CH4), led FAN 2 piscando		Padrão 45°C
21		Selecione o limite FAN2 ON desejado	 	Se selecionou FAN 2 NO pule p/ o passo 24

Programação NT935 Basic/AD

(conclusão)

22		No display aparece OFF (CH4) led FAN2 piscando		Padrão 35°C
23		Selecione o limite FAN2 OFF desejado		
24		No display aparece HFN (NO) led FAN1-FAN2 piscando		Teste cíclico dos ventiladores per 5 min. cada 1m ³ horas
25		Selecione o numero de horas desejado		Padrão NO = função desativada
26		No display aparece FCD (NO)		Fault/Alarma por aumento rápido da temperatura (°C/seg.)
27		Selecione o valor desejado (FCD info na pág.27)		Padrão NO (função desativada)
28		No display aparece VOT (NO) (VOTING info na pág. 16)		
29		Selecione YES o NO		Padrão NO (função desativada)
30		No display aparece FLS (ALARM) led ALARM piscando (Info FAIL SAFE na pág. 27)		
31		Impostare YES o NO		Padrão NO
32		No display aparece FLB (TRIP) led TRIP piscando		
33		Selecione YES o NO		Padrão NO
34		No display aparece FLS (TRIP) led TRIP piscando		
35		Selecione YES o NO		Padrão YES
36		Para versão NT935 (BA 8) pule p/ o passo 46		
37		No display aparece ADR <-> "data"		Endereço Modbus Padrão 001
38		Selecione endereço		De 1 a 255
39		No display aparece BDR <-> "data"		Velocidade de transmissão Modbus Padrão 19.2 Kbits
40		Selecione a velocidade desejada		De 2.4 Kbits a 38.4 Kbits
41		No display aparece PAR <-> "data"		Selecione o bit de paridade. Padrão EVE
42		Selecione o bit de paridade desejado		Nenhum (N-1 o N-2), Par (EVE), Impar (ODD) Veja Data frame página 19
43		No display aparece 420 <-> "data"		Programação saída 4.20 mA
44		Selecione a saída 4.20 mA desejada		1-2-3-4: canal fixo SCA: escansamento HOT: canal mais quente Padrão HOT
45		No display aparece END		Fim programação
46		Preione ENT Para memorizar os dados selecionados e sair da programação		Err: programação errada dos valores indicados nos led's (nota B)
47		Retorne ao passo 1		Veja notas programação pág. 15