



**ALISSON DIEGO RAMOS**

**PROJETO E IMPLANTAÇÃO DE CENTRO DE CONTROLE  
DE MOTORES EM UM FRIGORÍFICO**

**LAVRAS - MG  
2019**

**ALISSON DIEGO RAMOS**

**PROJETO E IMPLANTAÇÃO DE UM CENTRO DE CONTROLE DE MOTORES  
EM UM FRIGORÍFICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Universidade Federal de Lavras, como parte das  
exigências do Curso de Engenharia de Controle e  
Automação, para a obtenção do título de Bacharel.

Profa. Dra. Sílvia Costa Ferreira  
Orientadora

**LAVRAS – MG  
2019**

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras, em especial ao Departamento de Engenharia pela oportunidade de realização da graduação no curso de Engenharia de Controle e Automação.

À Oficina Sbampato pela oportunidade de realização do estágio. Foi um período de grande aprendizado e muita experiência.

A professora Sílvia Costa Ferreira, pelo incentivo, confiança, apoio e amizade. Obrigado pela grande ajuda, principalmente durante a reta final desta etapa.

À Rayane, pela ajuda durante a etapa de escrita deste documento! Ao Dimitri por aceitar o convite de participar da banca examinadora.

À Juliana, meu amor, ter você ao meu lado, me faz ir mais longe!

Aos meus pais, pelo incentivo, amor, apoio e torcida durante toda a minha vida.

Aos meus amigos e sócios, Guilherme e Artur, pelo apoio e compreensão durante esta etapa!

## RESUMO

Os Centros de Controle de Motores (CCM) estão presentes nos mais diversos segmentos da indústria, realizando o acionamento de diversos motores de maneira customizada e de fácil manutenção. Um exemplo de empresa que necessita de um CCM é um Frigorífico, que geralmente concentra um grande número de cargas a serem acionadas, desde esteiras e serras à elevadores de carga. Deste modo, o objetivo deste trabalho foi realizar o relato técnico das fases de implantação de um novo CCM à produção do frigorífico São João localizado na cidade de São João Del Rei. A empresa passou por um processo de expansão e houve a necessidade do aumento da capacidade de controle de seu CCM. A metodologia empregada foi desenvolvida em três etapas: projeto, desenvolvimento e implantação. Com a implantação do CCM no Frigorífico São João, verificou-se melhorias na automação do processo produtivo além de trazer maior segurança aos operadores do sistema, visto que o antigo CCM já não atendia às necessidades produtivas da empresa. Além disso, os CCMs permitem a acomodação futura de sistemas de controle mais complexos como os controladores lógico programáveis, inversores de frequência e outros equipamentos, garantindo-lhes proteção e um ambiente confortável para seu funcionamento, estando muitas das vezes instalados em ambientes hostis.

**Palavras-chave:** Centro de Controle de Motores. Técnicas de Partida de MIT. Automação do Processo Produtivo.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estator, rotor e demais partes do motor de indução.....	13
Figura 2 - Transformação de potência em motor elétrico. ....	15
Figura 3 - Mudança do sentido de giro de um motor de indução trifásico.....	16
Figura 4 - Motores de indução: fechamento em delta. ....	16
Figura 5 - Motores de indução: fechamento em estrela. ....	17
Figura 6 - Placas de identificação dos motores trifásicos.....	17
Figura 7 – Botoeira comercial. ....	19
Figura 8 – Chave seletora comercial. ....	20
Figura 9 - Botão cogumelo comercial ....	20
Figura 10 – Sinalizadores comerciais.....	21
Figura 11 – Esboço dos componentes de um contator. ....	22
Figura 12 - Contator trifásico comercial com três contatos principais e um contato auxiliar NA. .....	23
Figura 13 – Disjuntores monopolar, bipolar, tetrapolar e disjuntor motor.....	26
Figura 14 - Relé temporizador.....	27
Figura 15 - Relé falta de fase comercial ....	28
Figura 16 - Exemplo de CCM. ....	30
Figura 17 - Diagrama de Potência Partida Direta.....	32
Figura 18 - Diagrama de comando partida direta. ....	33
Figura 19 - Diagrama de potência partida direta com reversão.....	34
Figura 20 - Diagrama de comando partida direta com reversão.....	35
Figura 21 - Diagrama de potência partida estrela triângulo. ....	36
Figura 22 - Diagrama de comando partida estrela triângulo. ....	37
Figura 23 - Fluxograma da metodologia empregada para projeto, desenvolvimento e implantação de CCM no frigorífico São João. ....	39
Figura 24 - Antigo painel de distribuição do Frigorífico São João. ....	47
Figura 25 - Diagrama de Comando partida Estrela Triângulo. ....	49
Figura 26 - Diagrama de potência partida estrela triângulo ....	50
Figura 27 - Diagrama de comando e potência da partida direta com sinalização. ....	52
Figura 28 - Diagrama de comando e potência para partida direta com reversão manual.....	54

Figura 29 - Diagrama geral do comando, contendo as proteções. Detalhe do sistema de proteção. Disjuntor de comando (Q0), Botão de emergência (S0), Contatos auxiliares do Relé falta de fase (RFF).....	56
Figura 30 - Fixação dos componentes elétricos e canaletas na caixa de montagem. ....	57
Figura 31 - Circuito elétrico (Passagem de cabos). ....	58
Figura 32 - Fase de testes das ligações elétricas a partir da utilização de um MIT.....	59
Figura 33 - Painel finalizado .....	60
Figura 34 – Bandeamento dos cabos provenientes dos motores. ....	61
Figura 35 - Painel instalado. ....	62

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Partes constituintes de um motor de indução. ....	13
Tabela 2 - Velocidade síncrona de MITs em função do número de polos e da frequência. ....	14
Tabela 3 - Tabela de corrente em barramentos de cobre. ....	29
Tabela 4 - Cargas controladas. ....	41
Tabela 5 – Especificação de contadores e disjuntores do Grupo 1. ....	50
Tabela 6 - Corrente de emprego contadores e disjuntores. ....	52
Tabela 7 - Corrente de emprego contadores e disjuntores. ....	54

**LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 – Simbologias para botoeiras de comando. ....	20
Quadro 2 – Simbologia para chave seletora, botão cogumelo e sinalizadores.....	21
Quadro 3 – Simbologia utilizada para contadores no circuito de comando e de potência. ....	23
Quadro 4 – Simbologia utilizada para representar disjuntores no circuito de potência. ....	26
Quadro 5 – Simbologia utilizada para representar bobinas e contatos auxiliares de temporizadores no circuito de comando.....	27
Quadro 6 – Simbologias utilizadas na representação de relés de falta de fase no circuito de comando e de potência. ....	28

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>13</b>
<b>2.1</b>	<b>Motores de indução trifásicos .....</b>	<b>13</b>
<b>2.1.1</b>	<b>Tipos de ligação .....</b>	<b>16</b>
<b>2.1.2</b>	<b>Placa de identificação de motores trifásicos .....</b>	<b>17</b>
<b>2.2</b>	<b>Dispositivos elétricos de manobra, comando e proteção .....</b>	<b>18</b>
<b>2.2.1</b>	<b>Dispositivos de comando: botoeiras e sinalizadores.....</b>	<b>19</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Dispositivos de manobra: contatores.....</b>	<b>22</b>
<b>2.2.3</b>	<b>Categorias de empregos de contatores .....</b>	<b>23</b>
<b>2.2.4</b>	<b>Dimensionamento de contatores .....</b>	<b>24</b>
<b>2.2.5</b>	<b>Dispositivos de comando e proteção: disjuntores.....</b>	<b>25</b>
<b>2.2.6</b>	<b>Dispositivos de proteção: relés de proteção .....</b>	<b>26</b>
<b>2.2.7</b>	<b>Relé temporizador .....</b>	<b>26</b>
<b>2.2.8</b>	<b>Relé de falta de fase.....</b>	<b>27</b>
<b>2.2.9</b>	<b>Outros componentes: barramentos .....</b>	<b>28</b>
<b>2.3</b>	<b>Centro de Controle de Motores - CCM .....</b>	<b>29</b>
<b>2.4</b>	<b>Técnicas de partidas de motores de indução trifásicos .....</b>	<b>30</b>
<b>2.4.1</b>	<b>Partida direta de motores de indução trifásicos.....</b>	<b>31</b>
<b>2.4.2</b>	<b>Diagrama de potência: partida direta .....</b>	<b>31</b>
<b>2.4.3</b>	<b>Diagrama de comando: partida direta.....</b>	<b>32</b>
<b>2.4.4</b>	<b>Partida direta com reversão.....</b>	<b>33</b>
<b>2.4.5</b>	<b>Diagrama de potência: partida direta com reversão .....</b>	<b>34</b>
<b>2.4.6</b>	<b>Diagrama de comando: partida direta com reversão .....</b>	<b>34</b>
<b>2.4.7</b>	<b>Partida estrela triângulo.....</b>	<b>35</b>
<b>2.4.8</b>	<b>Diagrama de potência: partida estrela triângulo .....</b>	<b>36</b>
<b>2.4.9</b>	<b>Diagrama de comando: partida estrela triângulo.....</b>	<b>37</b>

2.4.10	Dimensionamento.....	38
3	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>39</b>
3.1	<b>Projeto.....</b>	<b>40</b>
3.1.1	Demanda do cliente e levantamento de campo.....	40
3.1.2	Orçamento .....	42
3.1.3	Diagrama Elétrico .....	42
3.2	Desenvolvimento .....	45
3.3	Implantação .....	46
4	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>47</b>
4.1	<b>Projeto.....</b>	<b>47</b>
4.1.1	<b>Diagramas elétricos e dimensionamento.....</b>	<b>48</b>
4.1.1.1	Diagrama elétrico do Grupo 1.....	48
4.1.1.2	Diagrama elétrico do Grupo 2.....	51
4.1.1.3	Diagrama elétrico do Grupo 3.....	53
4.1.1.4	Diagrama geral e de proteções para o circuito de comando.....	55
4.2	Desenvolvimento .....	56
4.3	Implantação .....	60
5	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>63</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>64</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A eficiência das máquinas e motores elétricos tem sido cada vez mais estudada visando economia de energia e melhora na produtividade em diversos segmentos da indústria. Muitas vezes, o alto consumo de energia está relacionado à utilização de maquinários industriais ineficientes e até obsoletos (SILVA, 2017). Desse modo, são empregados dispositivos que contribuem para uma maior eficiência do processo produtivo, podendo-se citar os Centro de Controle de Motores (CCMs).

Os Centros de Controle de Motores são amplamente utilizados em plantas industriais que possuem grande quantidade de motores, possibilitando o acionamento de diversas cargas de maneira customizada e de fácil utilização. Consistem em painéis de distribuição que acomodam dispositivos para o seccionamento, proteção e manobra de cargas (LAVILL, 2003), sendo responsáveis pela capacitação de unidades comerciais e industriais para melhor gerenciamento, operação e manutenção de motores disponíveis pelo processo produtivo (WEG, 2008; ROCKWELL AUTOMATION, 2009; SIEMENS, 2009).

Os CCMs estão presentes nos mais diversos segmentos da indústria, atendendo a requisitos de qualidade e performance no mais alto padrão. É um equipamento que oferece facilidade de montagem, instalação e manutenção, além de expansões futuras. Aos CCMs convencionais, estão sendo agregados dispositivos capazes de comandar e controlar uma série de funções e parâmetros, os quais são denominados CCMs inteligentes. Normalmente esses dispositivos são os Controladores Lógico Programáveis (CLP), os inversores de frequência e/ou sistemas de partidas suaves (Soft-Starters) que, na maioria das vezes, operam a partir de sinais provenientes de sensores espalhados pela produção (CAMPOS JUNIOR, 2014).

A principal vantagem na utilização de CCMs é o aumento da segurança aos operadores. Controlando-se a alimentação de energia elétrica dos motores, pode-se evitar que ocorram sobrecargas nos motores que podem causar acidentes e afetar vários funcionários de uma indústria. Além disso, este equipamento apresenta uma grande melhora na eficiência produtiva.

Devido à grande quantidade de máquinas e motores, a utilização dos CCMs é cada vez mais frequente em indústrias. No caso de um frigorífico, todo o processo produtivo apresenta a necessidade de grandes máquinas, que auxiliam os operadores desde a etapa do abate dos animais até a etapa final de separação das peças, tornando necessário a implementação de centros de controle de motores.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi realizar o relato técnico das fases de implantação de um novo Centro de Controle de Motores à produção de um frigorífico localizado na cidade de São João Del Rei, apresentando as suas funcionalidades e benefícios no processo produtivo da empresa. Este CCM abrigou equipamentos elétricos capazes de realizar a proteção dos motores controlados, sendo utilizadas técnicas de partida de motores, tais como a partida estrela triângulo, e partida direta, oferecendo segurança aos operadores e ao processo produtivo.

### **1.1 Justificativa**

O frigorífico São João, apresenta como atividade, o abate de suínos e bovinos. Entre os setores que correspondem ao abate estão, a recepção dos animais, insensibilização, sangria, depilação e sala de cortes.

Os animais são transportados por meio de caminhões até o curral e lá permanecem para descanso de modo a reduzir os estresses causados com o transporte. Os animais selecionados, são encaminhados para o interior do frigorífico, onde é iniciada a etapa de abate. O primeiro procedimento consiste na insensibilização dos animais, por meio de uma pistola de ar comprimido.

Após a insensibilização, os animais precisam ser transportados utilizando-se guinchos, que os encaminham para as próximas fases da produção. Ainda no primeiro minuto após a insensibilização, os animais devem passar pela sangria. Esta etapa é realizada com o animal suspenso em trilhagem aérea sobre a canaleta de sangria, uma bomba é responsável pela sucção do sangue neste local.

Após a sangria, a carcaça dos animais segue pelos trilhos aéreos, sendo executadas as etapas de esviciação e remoção do couro. Após limpa, a carcaça é cortada ao meio, com o auxílio da serra de carcaça, e conduzida à sala de cortes para a extração da carne.

Todos os procedimentos na linha de produção do frigorífico são realizados com o auxílio de ferramentas elétricas, que oferecem conforto aos operadores. No entanto, são ferramentas que apresentam riscos de acidentes, exigindo um alto nível de atenção e cuidado.

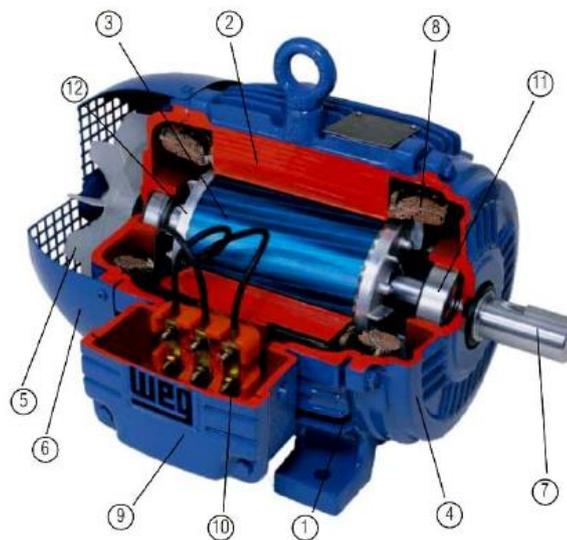
Desse modo, a utilização do CCM se torna imprescindível nesse ambiente, por possibilitar um maior controle sobre estes equipamentos e contribuir para aumento da segurança.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Motores de indução trifásicos

Segundo Guedes (1994), o Motor de Indução Trifásico (MIT) é uma máquina elétrica rotativa de corrente alternada. Devido às suas qualidades como robustez e simplicidade de manutenção, são as máquinas mais utilizadas no acionamento de cargas mecânicas. A Figura 1 apresenta os principais componentes de um motor de indução, que estão detalhados na Tabela 1.

Figura 1 - Estator, rotor e demais partes do motor de indução.



Fonte: WEG (2019).

Tabela 1 - Partes constituintes de um motor de indução.

Identificação	Partes Constituintes
1	Carcaça
2	Núcleo de chapas do Estator
3	Núcleo de chapas do Rotor
4	Tampa
5	Ventilador
6	Tampa defletora
7	Eixo
8	Enrolamento trifásico
9	Caixa de ligação
10	Terminais de ligação
11	Rolamentos
12	Barras e anéis de curto-circuito

Fonte: Adaptado de Franchi (2008).

O princípio de funcionamento dos motores de indução trifásicos se baseia na criação de um campo magnético girante no estator. De acordo com Kosow (1993), para que este campo

tenha amplitude constante é necessário que o estator possua três enrolamentos defasados mecânicamente de  $120^\circ$  e alimentados por três tensões alternadas e defasadas eletricamente de  $120^\circ$ . O campo magnético do estator gira a uma velocidade denominada síncrona ( $n_s$ ), que depende da frequência da tensão ( $f$ ) e do número de par de pólos ( $p$ ) que o motor é construído, e é dada por:

$$n_s(\text{rpm}) = \frac{60f}{p} \quad (1)$$

Este campo magnético girante induz forças eletromotrizes (tensões) nos enrolamentos ou barras do rotor, que irão resultar na circulação de corrente. Essas correntes induzidas, criam seu próprio campo magnético direcionado de acordo com o eixo da bobina (FRANCHI, 2008). O campo magnético induzido no rotor, tende a alinhar-se com o campo girante do estator, criando um movimento rotativo e produzindo torque (ALVES, 2003).

Adotando-se a frequência de 60Hz, utilizada no Brasil, a velocidade síncrona dos motores de indução varia em função da quantidade de polos como apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - Velocidade síncrona de MITs em função do número de polos e da frequência.

<b>Frequência 60 Hz</b>	
Nº pares de polos	Velocidade Síncrona ( $n_s$ )
1	3600 rpm
2	1800 rpm
3	1200 rpm
4	900 rpm

Fonte: Adaptado de Oliveira (2012).

Entretanto, se o rotor de um MIT girar na mesma velocidade que a do campo magnético girante do estator não haverá tensão induzida, e conseqüentemente não existirão correntes induzidas, fluxo magnético e torque. Dessa forma, a velocidade do rotor ( $n_r$ ) é dada por:

$$n_r = (1 - s) n_s \quad (2)$$

onde,  $s$  é o escorregamento do motor que geralmente é expresso a partir de um percentual da velocidade síncrona e  $n_s$  é a velocidade síncrona.

Já a velocidade real do rotor, depende de uma série de fatores construtivos e também da carga aplicada ao motor, de forma que:

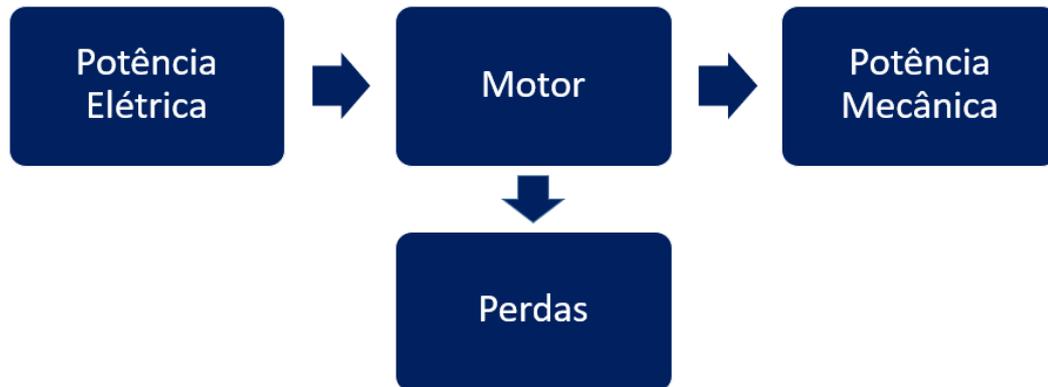
- a) quando o motor está operando a vazio, o escorregamento ( $s$ ) é muito pequeno, e a velocidade do rotor ( $n_r$ ) é muito próxima da velocidade síncrona ( $n_s$ );
- b) quando o motor está operando com carga, o escorregamento aumenta a medida que a carga aumenta até o valor nominal; e a velocidade do rotor varia entre a nominal ( $n_n$ ) e a síncrona : ( $n_n \leq n_r < n_s$ ) (FITZGERALD, 2006).

A potência mecânica ( $P_{mec}$ ) desenvolvida por um MIT é dada pela relação entre o torque desenvolvido ( $T$ ) e a velocidade do rotor ( $n_r$ ), de forma que:

$$P_{mec} (W) = \frac{2\pi}{60} T * n_r \quad (3)$$

De acordo com Franchi (2008), o motor elétrico transforma a potência elétrica ( $P_{ele}$ ) fornecida em potência mecânica ( $P_{mec}$ ) com uma pequena taxa de perdas (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

Figura 2 - Transformação de potência em motor elétrico.



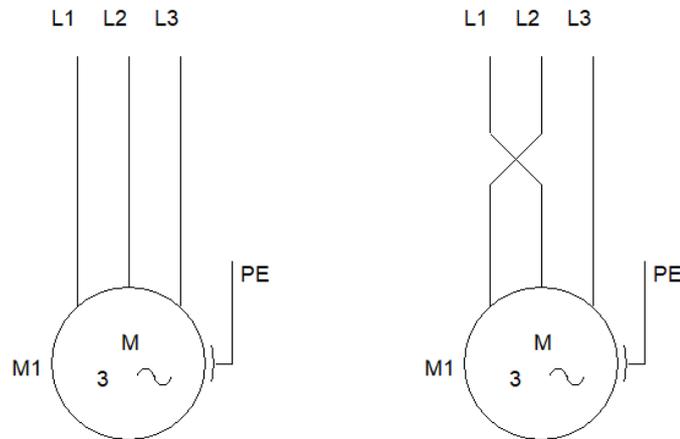
Fonte: Adaptado de Franchi (2008).

As perdas são quantificadas a partir do rendimento ( $\eta$ ) do motor, dado pela relação entre a potência mecânica fornecida ( $P_{mec}$ ) e a potência elétrica consumida ( $P_{ele}$ ) (EQUAÇÃO 4).

$$\eta = \frac{P_{mec}}{P_{ele}} \quad (4)$$

Outro conceito importante se tratando de motores elétricos, é que o sentido de rotação do mesmo depende do modo de ligação das fases aos enrolamentos do motor. Para alterar o sentido de giro, basta inverter duas fases quaisquer, como pode ser observado na Figura 3. Isso porque, a inversão da sequência de fases da tensão de alimentação inverte o sentido de giro do campo magnético e conseqüentemente o sentido de giro do motor.

Figura 3 - Mudança do sentido de giro de um motor de indução trifásico.



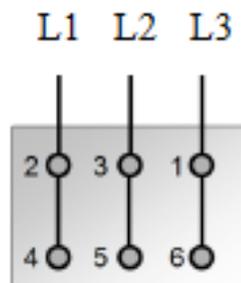
Fonte: Adaptado de Franchi (2008).

### 2.1.1 Tipos de ligação

Os motores de indução que possuem seis terminais permitem acesso às bobinas do estator, possibilitando a conexão das mesmas em delta ou em estrela. O tipo de ligação (ou fechamento) das bobinas define a tensão de alimentação em que os motores devem ser conectados. Em um motor 220/380V, por exemplo, o fechamento em delta requer alimentação em 220V (FIGURA 4), enquanto o fechamento em estrela (FIGURA 5), requer tensão de alimentação de 380V. Para ambos os tipos de conexão, a bobina é alimentada por uma tensão de 220V (FRANCHI, 2008).

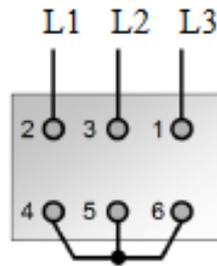
Esta característica dos motores de seis terminais permite a realização de manobras para a redução da corrente de partida dos motores, tornando-a mais suave e viável para diversas aplicações no meio industrial.

Figura 4 - Motores de indução: fechamento em delta.



Fonte: Oliveira (2012).

Figura 5 - Motores de indução: fechamento em estrela.

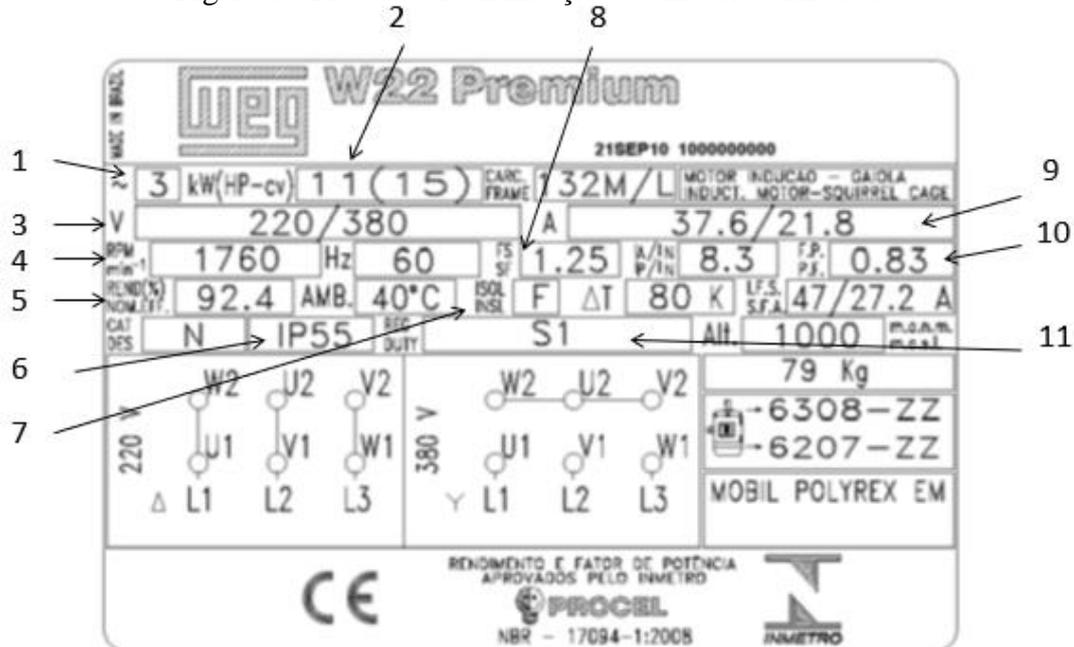


Fonte: Oliveira (2012).

### 2.1.2 Placa de identificação de motores trifásicos

As placas de identificação dos motores trifásicos, fornecem as suas características nominais e de desempenho. Na Figura 6, observa-se algumas das principais informações fornecidas pelas placas de identificação que são descritos a seguir.

Figura 6 - Placas de identificação dos motores trifásicos.



Fonte: Adaptado de Weg (2019).

Onde,

1. ~ 3: Motor trifásico de corrente alternada;
2. **Potência nominal (Pn):** é a potência mecânica no eixo do motor, expressa em CV ou kW;
3. **Tensão nominal (V):** é o valor eficaz de tensão para o qual o motor foi projetado;
4. **Velocidade nominal (Nn):** velocidade do MIT quando este está operando com torque nominal;

5. **Rendimento ( $\eta$ ):** é a relação entre a potência mecânica fornecida pelo motor e a potência ativa solicitada à rede. O rendimento define a eficiência da transformação da energia elétrica em energia mecânica capaz de produzir trabalho;
6. **Grau de Proteção (IP):** representa uma indicação das características físicas dos equipamentos elétricos, determinando a permissão de entrada de corpos estranhos em seu interior, tais como água, poeira, entre outros. O grau de proteção é determinado por dois algarismos precedidos das letras IP. O 1º algarismo determina o grau de proteção contra a penetração de sólidos estranhos, enquanto o 2º algarismo indica o grau de proteção contra a penetração de água no interior do equipamento;
7. **Classe de isolamento (ISOL):** determina a temperatura máxima de trabalho que o motor pode suportar sem apresentar prejuízos à sua vida útil. Entre elas estão: Classe A (105° C); Classe E (120° C); Classe B (130° C); Classe F (155° C); Classe H (180° C);
8. **Fator de Serviço (FS):** indica a sobrecarga permitida que pode ser aplicada continuamente ao motor, sob tensão e frequência nominais. Caso o FS = 1,25, significa que o motor suporta 25% de sobrecarga acima de sua potência nominal;
9. **Corrente nominal (A):** valor eficaz de corrente para o qual o motor foi projetado;
10. **Fator de Potência (FP):** definido pela razão da potência real ou potência ativa pela potência total ou potência aparente.
11. **Regime de Serviço (RS):** define a regularidade da carga a que o motor é submetido. Entre eles: regime contínuo (S1); regime de tempo limitado (S2); regime intermitente periódico (S3); regime intermitente periódico com partidas (S4); regime intermitente periódico com frenagem elétrica (S5); entre outros.

## 2.2 Dispositivos elétricos de manobra, comando e proteção

De acordo com a norma ABNT IEC 60947, dispositivos de manobras são aqueles projetados para interromper a corrente em um ou mais circuitos elétricos. Os contatores e interruptores são exemplos típicos de dispositivos de manobra. Para cargas de potência mais elevada, as manobras são executadas mediante comandos externos (indiretos). Neste caso, a ação de comando é transferida para um circuito auxiliar, denominado circuito de comando (FRANCHI, 2008).

Os dispositivos de comando têm a finalidade de comandar a manobra, e fazem parte de um circuito de baixa potência que permite que o comando seja executado com segurança e são responsáveis pela execução das lógicas de acionamento (FILLIPO FILHO; DIAS, 2014)

Os dispositivos de proteção, por sua vez, são dispositivos de manobra específicos que atuam de forma autônoma sempre que houver algum risco para o circuito elétrico. Alguns exemplos são os disjuntores, fusíveis e relés térmicos.

### 2.2.1 Dispositivos de comando: botoeiras e sinalizadores

As botoeiras são dispositivos que, por meio de um acionamento manual, fornecem o comando para fechar ou abrir equipamentos de manobra (FIGURA 7). Fazem parte do circuito de comando e podem ser do tipo retentivas ou não retentivas.

Figura 7 – Botoeira comercial.

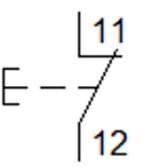
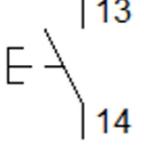
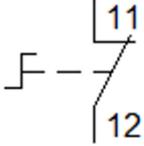
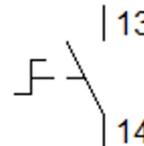


Fonte: Adaptado de Metaltex (2019).

As botoeiras não retentivas são projetadas para abrir ou fechar seus contatos enquanto estão pressionadas, e retornar à posição normal assim que retirada a pressão do acionamento. Por outro lado, as botoeiras retentivas, ao serem pressionadas, mantém a sua posição e, para retorná-la à posição inicial, é necessário pressioná-la novamente.

Os contatos podem ser do tipo Normalmente Fechado (NF), permitindo a passagem de corrente no seu estado de repouso ou Normalmente Aberto (NA), não permitindo a passagem de corrente em seu estado de repouso. Neste trabalho são aplicadas as simbologias das bibliotecas do *software* CAdE\_SIMU, onde foi possível realizar simulações para a validação dos diagramas, porém, era o AutoCad o *software* utilizado para a confecção dos diagramas elétricos pelos profissionais da Oficina Sbampato. O Quadro 1 apresenta a simbologia relacionada às botoeiras em um diagrama de comando.

Quadro 1 – Simbologias para botoeiras de comando.

			
Botoeira NF	Botoeira NA	Botoeira NF com retenção	Botoeira NA com retenção

Fonte: CADe\_SIMU (2019).

As chaves seletoras (FIGURA 8) possuem duas ou mais posições, podendo executar várias funções. Porém, ao contrário do botão não retentivo, a chave seletora não oferece segurança no caso de queda de energia, permanecendo-se na mesma posição.

Figura 8 – Chave seletora comercial.



Fonte: Adaptado de Metaltex (2019).

O botão do tipo cogumelo (FIGURA 9) é utilizado como botoeira de emergência. Ao ser pressionado, o botão fica retido em sua posição final, sendo necessário promover o giro no sentido horário para destravá-lo. Em casos de emergência, ao ser pressionado, este tipo de botão não voltará à sua posição inicial indevidamente, oferecendo segurança ao operador.

Figura 9 - Botão cogumelo comercial



Fonte: Adaptado de Metaltex (2019).

Já os sinalizadores (FIGURA 10), são utilizados para informar aos operadores, a partir de sinais luminosos, as condições de funcionamento das cargas e são padronizados pelas cores

verde, vermelho, amarelo, azul e branco, de acordo com a Norma Regulamentadora N° 26 (NR-26) sobre sinalização de segurança (BRASIL, 2015). A NR 26 determina as cores que devem ser utilizadas nos locais de trabalho para a prevenção de acidentes, identificando os equipamentos de segurança, delimitando áreas e advertindo contra riscos. No entanto, deve-se adotar um número reduzido de cores de modo a não causar distrações nos operadores.

Figura 10 – Sinalizadores comerciais.



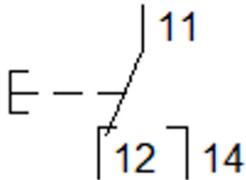
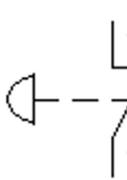
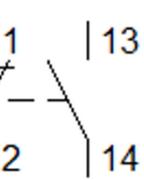
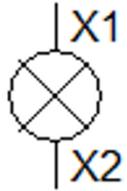
Fonte: Adaptado de Metaltex (2019).

Por outro lado, a Norma Regulamentadora N°10 (NR-10), estabelece os requisitos e condições mínimas para a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos, de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores (BRASIL, 2016). A NR-10 trata especificamente da segurança em instalações e serviços de eletricidade. De acordo com esta norma, a indicação dos dispositivos de manobra dos circuitos elétricos, devem seguir o seguinte padrão:

- a) verde para dispositivos fora de operação (Desligado);
- b) vermelho para dispositivo em operação (Ligado);
- c) amarelo para indicação de falha.

As simbologias utilizadas para representar a chave seletora, o botão cogumelo e os sinalizadores são apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2 – Simbologia para chave seletora, botão cogumelo e sinalizadores.

	NF	NA	
			
Chave Seletora	Botão Cogumelo		Sinalizadores

Fonte: CADe\_SIMU (2019).

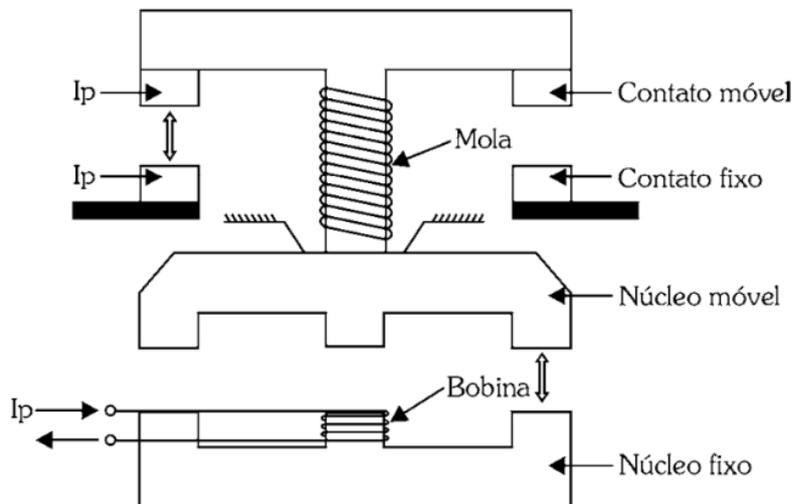
### 2.2.2 Dispositivos de manobra: contadores

Os contadores são dispositivos eletromecânicos, que permitem o controle de elevadas correntes (circuito de potência), por meio de um circuito de baixa corrente (circuito de comando) (FRANCHI, 2013). Estes dispositivos de acionamento possuem características de um relé, com as quais é possível realizar atividades de automação, controle e proteção de maneira ágil (SIEMENS, 2018).

É composto por uma bobina (FIGURA 11) que, quando alimentada, cria um campo eletromagnético que atrai o núcleo móvel ao núcleo fixo, comutando os contatos auxiliares, estado em que permanecem enquanto haja alimentação à bobina (OLIVEIRA, 2012). De acordo com Franchi (2013), as principais partes de um contador são:

- bobina: é utilizada como entrada de controle do contador, podendo ser alimentada por tensão CC ou CA;
- núcleo de ferro: parte móvel responsável por acionar o contato;
- contato: responsável por definir o estado do contador, podendo ser do tipo normalmente fechado ou normalmente aberto;
- mola: elemento responsável por retornar o contato à posição de repouso, quando a bobina é desenergizada.

Figura 11 – Esboço dos componentes de um contador.



Fonte: Franchi (2013).

Em geral, os contadores trifásicos possuem quatro contatos ou mais, que podem ser classificados como, contatos principais ou contatos auxiliares. Os contatos principais são responsáveis pela interrupção da corrente no circuito de potência. Os contatos auxiliares são utilizados, em geral, no circuito de comando auxiliando a lógica de acionamento (FRANCHI,

2013). Um exemplo típico de aplicação de um contato auxiliar, é no acionamento de um contator utilizando botoeiras não retentivas. O contato auxiliar é utilizado no circuito de comando para fazer o selo e manter a bobina do contator energizada, mesmo após o desacionamento da botoeira (FILLIPO FILHO; DIAS, 2014). A Figura 12 apresenta um contator trifásico que possui três contatos principais e um contato auxiliar do tipo normalmente aberto (NA).

Figura 12 - Contator trifásico comercial com três contatos principais e um contato auxiliar NA.



Fonte: SIEMENS (2019).

A simbologia utilizada para representar os contatos de um contator, tanto no circuito de potência quanto no circuito de comando são apresentadas no Quadro 3.

Quadro 3 – Simbologia utilizada para contadores no circuito de comando e de potência.

Bobina do Contator	Contato Auxiliar NF	Contato Auxiliar NA	Contatos Principais Trifásicos
Circuito de Comando			Circuito de Potência

Fonte: CADe\_SIMU (2019).

### 2.2.3 Categorias de empregos de contadores

De acordo com a Norma IEC 947-4, são definidos os valores de corrente em que o contator deve estabelecer ou interromper seu funcionamento. Estes valores dependem das

condições em que se efetuam os fechamentos e aberturas, sendo elas: motor em regime ou bloqueado, inversão no sentido de rotação, frenagens ou contracorrente. Também é considerada a natureza do motor, podendo ser motor gaiola de esquilo ou de anéis (SCHNEIDER, 2019).

Entre as categorias de emprego dos contadores, estão as seguintes:

- a) **AC1:** aplica-se a todos os aparelhos de utilização em corrente alternada, cujo fator de potência é no mínimo igual a 0,95;
- b) **AC2:** refere-se partida e desligamentos, frenagem por contracorrente e partida por impulsos em motores de anéis. No fechamento o contator estabelece a corrente de partida próximo de 2,5 vezes a corrente nominal do motor. Na abertura, deverá interromper a corrente de partida com uma tensão no mínimo igual à tensão da rede. A interrupção é mais severa;
- c) **AC3:** é relativa aos motores de gaiola cujo desligamento é efetuado com o motor em regime. No fechamento o contator estabelece a corrente de partida que é de 5 a 7 vezes a corrente nominal do motor. Na abertura, o contator interrompe a corrente nominal absorvida pelo motor, e neste momento, a tensão nos bornes de seus pólos é da ordem de 20% da tensão da rede. A interrupção torna-se fácil. Exemplos de utilização: todos os motores de gaiola normais, elevadores, escadas rolantes, correias transportadoras, elevadores de canecas, bombas, misturadores, condicionadores de ar, etc.;
- d) **AC4:** Manobras pesadas, acionar motores a plena carga, comando intermitente e inversão. Trata-se de partidas com frenagem por contracorrente e à partida por impulsos em motores de gaiola ou de anéis. O contator fecha com uma intensidade que pode atingir 5 e até 7 vezes a corrente nominal do motor. Na abertura o contator interrompe esta mesma corrente, sob uma tensão tanto maior quanto menor for a velocidade do motor. Esta tensão pode ser igual à da rede. A interrupção é bastante severa. Exemplos de utilização: máquinas de impressão, pontes rolantes, tornos, entre outros (TAQUES, 2016).

#### 2.2.4 Dimensionamento de contadores

Para especificar um contator é preciso considerar a corrente nominal do motor a ser acionado, a tensão e a frequência da rede, a tensão e frequência de acionamento, a categoria de emprego e a quantidade de contatos auxiliares. De acordo com Cunha (2009), a corrente de emprego dos contadores pode ser obtida de acordo com a Equação (9).

$$I_e > I_c * 1,15 \quad (9)$$

onde,  $I_e$  é a corrente de emprego do contator (A);  $I_c$  é a corrente da carga a ser acionada; e 1,15 é o fator de segurança de 15%.

### 2.2.5 Dispositivos de comando e proteção: disjuntores

De acordo com Fillipo Filho e Dias (2014):

os disjuntores são definidos como dispositivos destinados às manobras e proteção capazes de estabelecer, conduzir e interromper correntes elétricas em condições normais de funcionamento dos circuitos elétricos, assim como estabelecer, conduzir por tempo definido e interromper correntes elétricas em condições anormais de funcionamento de tais circuitos, como, por exemplo, em situações de sobrecarga e curto-circuito.

Em casos de sobrecorrente provocada por uma sobrecarga ou um curto-circuito, o disjuntor atua interrompendo o circuito elétrico de modo a proteger os cabos e condutores que compõem a rede de distribuição. Também pode ser desligado manualmente para a realização de um serviço de manutenção (BARBOSA, 2016).

O tempo em que o disjuntor suporta uma corrente acima de sua corrente nominal, é determinado como curva de ruptura. Além disso, a curva de ruptura também estipula o nível de corrente suportado pelo dispositivo. Para cargas de natureza indutiva que apresentam picos de corrente no momento de ligação, como motores, sistemas de comando e circuitos de iluminação, são utilizados disjuntores curva C, em que a corrente de ruptura está entre 5 e 10 vezes a corrente nominal da carga (SIEMENS, 2018).

Os disjuntores podem ser utilizados em circuitos monofásicos, bifásicos e trifásicos, sendo denominados como monopolar, bipolar e tripolar, conforme apresentado na Figura 13. Existem também os chamados disjuntores motorizados, utilizados em partidas de MIT. Uma grande vantagem na utilização de disjuntores-motores é que eles proporcionam a possibilidade da partida em tensão plena, suportando uma partida de até dez vezes a corrente nominal do motor. Além disso, os disjuntores-motores são fabricados para suportar essa sobrecarga momentânea durante a partida do motor, sem prejudicar a proteção eficiente do circuito. Os disjuntores motorizados possuem ajuste de corrente, possibilitando uma regulagem termomagnética mais precisa para a proteção do motor (SIEMENS, 2018). As simbologias utilizadas para representar os disjuntores estão apresentadas no Quadro 4.

Figura 13 – Disjuntores monopolar, bipolar, tetrapolar e disjuntor motor.



Fonte: SIEMENS (2019).

Quadro 4 – Simbologia utilizada para representar disjuntores motores no circuito de potência.

Disjuntor unipolar	Disjuntor bipolar	Disjuntor tripolar

Fonte: CADE\_SIMU (2019).

## 2.2.6 Dispositivos de proteção: relés de proteção

Relés são dispositivos responsáveis pela proteção dos motores, de modo a evitar o seu funcionamento em situações acima das condições nominais. Para os relés de sobrecarga, se a corrente do motor ultrapassar os valores admitidos, o equipamento consumidor da sobrecarga é separado da rede de distribuição de modo a evitar danos ao equipamento (SIEMENS 2018). Além do monitoramento de corrente, os relés de proteção podem atuar em situações como: proteção de falta de fase, temporização de contatos, controle de nível, entre outros.

## 2.2.7 Relé temporizador

O relé temporizador é utilizado no circuito de comando, para controle de intervalos de tempo, de modo que seus contatos comutem ao término do tempo selecionado. A temporização é iniciada no momento da energização de sua bobina. Seus componentes principais são o temporizador e contatos auxiliares utilizados no circuito de comando. A Figura 14 apresenta um relé temporizador, que possui tempo ajustável por meio de um potenciômetro.

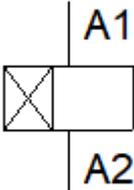
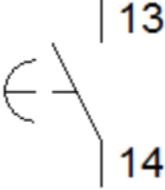
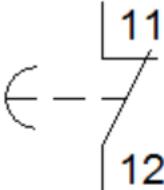
Figura 14 - Relé temporizador.



Fonte: WEG (2019).

As simbologias utilizadas para representar a bobina do temporizador e seus contatos no circuito de comando utilizadas neste trabalho são apresentadas no Quadro 5. Trata-se de um temporizador com contato temporizado para conexão.

Quadro 5 – Simbologia utilizada para representar bobinas e contatos auxiliares de temporizadores no circuito de comando.

		
<p>Bobina do Temporizador</p>	<p>Contato auxiliar NA temporizador - tempo para conexão.</p>	<p>Contato auxiliar NF temporizador - tempo para conexão.</p>

Fonte: CADe\_SIMU (2019).

### 2.2.8 Relé de falta de fase

Motores elétricos trifásicos necessitam de alimentação trifásica, caso uma fase deixe de alimentar este motor por algum tempo, podem ocorrer danos nos enrolamentos do motor, causando a queima do equipamento. Para garantir a alimentação trifásica ao motor, é utilizado o relé falta de fase (FIGURA 15), que possui três entradas (L1, L2, L3) que recebem as fases. No momento em que as entradas são energizadas, seu contato NA é fechado e o NF aberto. Quando há falta de uma das fases, a bobina do relé é desenergizada e seus contatos realizam a operação inversa. O contato NA normalmente é utilizado para acionar a bobina dos contatores conectados aos motores (OLIVEIRA, 2012).

Figura 15 - Relé falta de fase comercial



Fonte: WEG (2019).

As simbologias utilizadas para representar a bobina do relé de falta de fase e seus contatos no circuito de comando são apresentadas no Quadro 6.

Quadro 6 – Simbologias utilizadas na representação de relés de falta de fase no circuito de comando e de potência.

Entradas do Relé Falta de Fase	Contatos Auxiliares do Relé Falta de Fase

Fonte: CADe\_SIMU (2019).

### 2.2.9 Outros componentes: barramentos

Barramentos são barras maciças fabricadas em cobre eletrolítico, caracterizado pela função condutora em sistemas elétricos. Devido à sua elevada condutibilidade elétrica e térmica, são responsáveis pela alimentação dos conjuntos de controle e manobra nos painéis de distribuição.

Para o dimensionamento de barramentos é necessário conhecer as aplicações do sistema elétrico e os atributos físicos do barramento (NUNES, 2013). É comum utilizar tabelas de dimensionamento de barramentos em função da corrente em que as barras serão solicitadas (TABELA 3).

Tabela 3 - Tabela de corrente em barramentos de cobre.

Bitola (espessura)	Largura	Área mm <sup>2</sup>	Corrente (A)
3/16"	1/4"	29,3	70
3/16"	5/16"	36,66	87
3/16"	3/8"	44,03	105
3/16"	7/16"	51,29	123
3/16"	1/2"	58,61	140
3/16"	9/16"	65,97	158
3/16"	5/8"	73,38	176
3/16"	3/4"	87,91	210
3/16"	7/8"	102,73	246
3/16"	1"	117,22	281
3/16"	1 1/4"	146,52	351
3/16"	1 1/2"	175,83	421
3/16"	1 3/4"	205,13	492
3/16"	2	234,44	562

Fonte: Adaptado Vicentini (2004).

### 2.3 Centro de Controle de Motores - CCM

Os Centros de Controle de Motores (CCM) são painéis de distribuição (FIGURA 16) que acomodam os equipamentos responsáveis pelo seccionamento, manobra e proteção dos motores. Estes painéis são amplamente utilizados nas indústrias de pequeno a grande porte, que possuem grande número de cargas que devem ser acionadas com máxima continuidade de operação e nível elevado de segurança aos operadores e equipe de manutenção (LAVILL, 2013).

Quanto à proteção, os painéis possuem a função de garantir o bom funcionamento dos componentes internos contra ações do meio ambiente e de contato com animais e pessoas. Além disso, são capazes de oferecer proteção à danos causados por má operação de uma chave ou defeito de algum componente, seja ele, por curto-circuito ou subdimensionamento (DIB, 1979; NUNES, 2013).

Para cada tipo de aplicação, é necessário o dimensionamento dos equipamentos constituintes do painel de distribuição, levando-se em consideração as características elétricas de funcionamento, sua aplicação e os graus de proteção necessários. Estes requisitos também são importantes para a definição das técnicas de partida de motores de indução trifásicos aplicada a cada carga controlada. Além disso, as características construtivas dos painéis são definidas em função dos atributos do ambiente em que serão instaladas (NUNES, 2013).

Figura 16 - Exemplo de CCM.



Fonte: Do autor (2019).

## 2.4 Técnicas de partidas de motores de indução trifásicos

De acordo com Mamede Filho (2007), a adoção de um sistema de partida eficiente é essencial para que o motor tenha uma vida útil prolongada, além da redução dos custos operacionais.

Em função da capacidade de instalação do sistema elétrico e das características da carga, é definida a técnica mais adequada para a partida dos motores trifásicos (MAMEDE FILHO, 2007). A maneira em que os motores de indução trifásicos são conectados à rede elétrica, é caracterizada de duas formas, sendo elas:

- a) **partida direta:** tipo de partida mais simples, em que são utilizados apenas contadores e disjuntores;
- b) **partida indireta:** utilizada quando é necessária a redução do pico inicial de corrente elétrica, até que o motor deixe o estado de inércia. Entre os tipos de partida indireta estão:
  - Partida Estrela Triângulo;
  - Soft-Starter;
  - Chave compensadora, entre outros.

### 2.4.1 Partida direta de motores de indução trifásicos

A partida por meio da conexão direta do motor com a rede elétrica, utilizando tensão nominal da rede é conhecida como partida direta de MIT. As principais características da partida direta são:

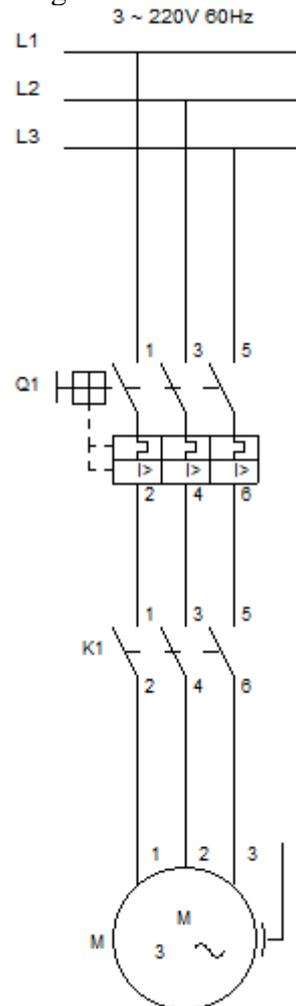
- a) conjugado nominal na partida;
- b) corrente de partida até 8 vezes a corrente nominal;
- c) fácil instalação.

Este é um método comum e utilizado quando se necessita de desempenho máximo nominal de um motor elétrico (PETRUZELLA, 2010). Porém, algumas condições devem ser satisfeitas para a realização da partida direta, entre elas, a capacidade de fornecimento de corrente da rede elétrica, de modo que a corrente do motor não seja relevante a ponto de causar uma queda na rede (DRANKA, 2012). Além disso, orienta-se que a partida direta seja realizada com o motor sem carga, de modo a reduzir a corrente de partida, diminuindo os efeitos sobre o sistema de alimentação (NEVELSTEEN *et al.*, 1989).

### 2.4.2 Diagrama de potência: partida direta

Também conhecido como diagrama de força, o diagrama de potência representa o acionamento do MIT por meio de contatores que disponibilizam a alimentação ao MIT (FIGURA 17). Observa-se, por meio da Figura 17, um disjuntor motorizado Q1 e um contator K1 fazem parte do circuito de potência. O disjuntor Q1 oferece proteção ao circuito contra curto circuito e sobrecarga, possuindo um ajuste de corrente do motor elétrico. Já o contator K1 permite o acionamento do motor elétrico quando sua bobina é energizada.

Figura 17 - Diagrama de Potência Partida Direta.

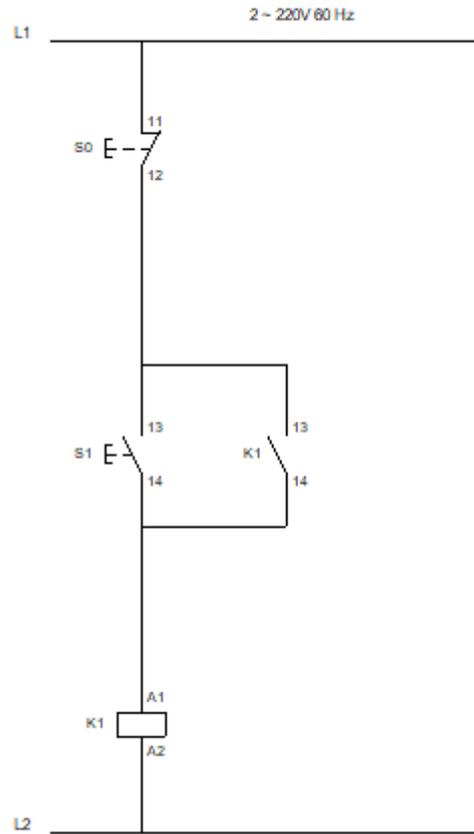


Fonte: Do autor (2019).

### 2.4.3 Diagrama de comando: partida direta

O diagrama de comando, apresentado na Figura 18, representa as lógicas de acionamento dos dispositivos de manobra e proteção, tais como botoeiras e sinaleiros que por sua vez, podem ser responsáveis pelo acionamento dos motores elétricos trifásicos.

Figura 18 - Diagrama de comando partida direta.



Fonte: Adaptado de Franchi (2008).

O funcionamento do circuito de comando para a partida direta, consiste dos seguintes comandos: pressionando-se a botoeira S1 (liga), a bobina do contator K1 é energizada trocando o estado do contato auxiliar de K1, desta forma, o motor é acionado, permanecendo neste estado devido ao contato selo existente. Quando a botoeira S0 (desliga) é pressionada, abre-se o circuito fazendo com que a bobina do contator K1 seja desenergizada, desta forma o contato auxiliar de K1 volta ao seu estado original e o motor é desligado, desfazendo o contato selo.

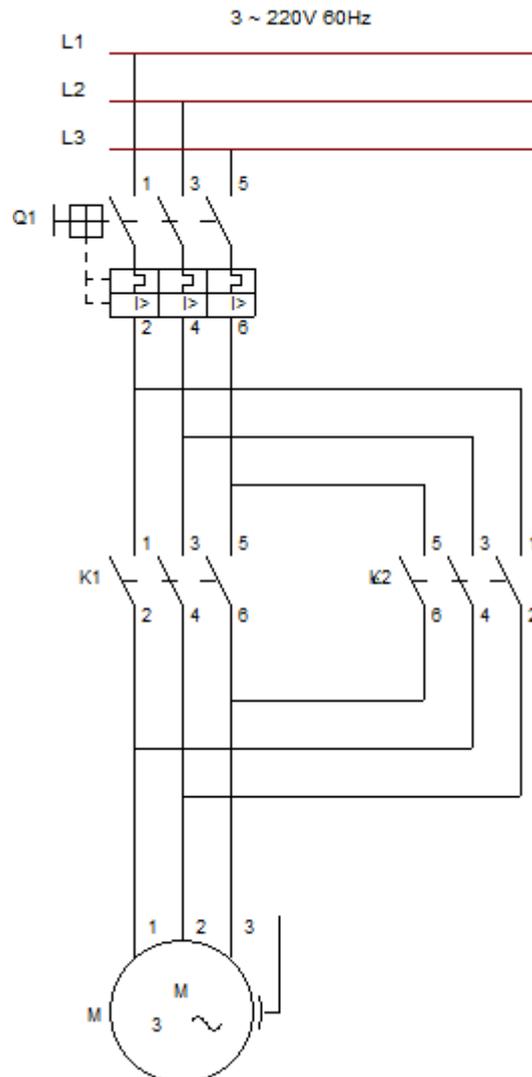
#### 2.4.4 Partida direta com reversão

A partida direta de motores com reversão possui os mesmos princípios da partida direta, porém possibilita a inversão do giro dos motores por meio de lógicas de comando. Além disso, é bastante utilizada quando têm-se equipamentos, tais como, guinchos de elevação, que necessitam elevar e abaixar cargas.

### 2.4.5 Diagrama de potência: partida direta com reversão

Por meio da Figura 19, observa-se a presença de um disjuntor motorizado (Q1), responsável pela proteção do circuito contra sobrecarga e dois contatores responsáveis pelo acionamento do motor.

Figura 19 - Diagrama de potência partida direta com reversão.



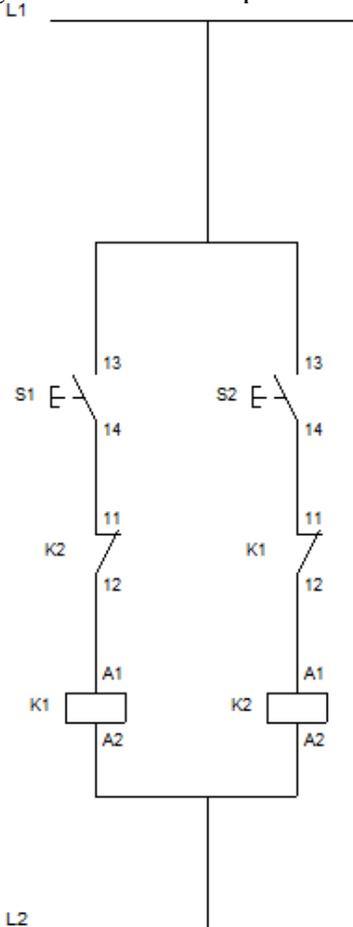
Fonte: Adaptado de Franchi (2008).

### 2.4.6 Diagrama de comando: partida direta com reversão

Por meio da Figura 20, observa-se que foram utilizadas duas botoeiras não retentivas (S1 e S2), e dois contatores (K1 e K2) que acionam o motor em sentidos de giro diferentes, devido a inversão de fases imposta no diagrama de potência. Ainda analisando a Figura 20, ao pressionar a botoeira S1, a bobina do contator K1 é energizada, de modo que o contato

normalmente fechado de K1 se abra, impedindo que o a bobina de K2 seja energizada. Da mesma forma, quando a botoeira S2 é pressionada, a bobina de K2 é energizada e o contato 11-12 de K2 impede que a bobina de K1 seja energizada. Esta lógica é conhecida como intertravamento entre os contatos, de modo que apenas uma bobina seja energizada por vez. Utilizando-se botoeiras não retentivas para o acionamento dos motores, o operador precisa permanecer pressionando a botoeira até que, neste caso, os guinchos alcancem a altura desejada.

Figura 20 - Diagrama de comando partida direta com reversão.



Fonte: Adaptado de Franchi (2008).

#### 2.4.7 Partida estrela triângulo

De modo a reduzir o valor da corrente de pico no instante da partida do MIT, para motores que possuem seis terminais, é possível utilizar uma técnica de partida conhecida como partida estrela triângulo. Neste caso, parte-se o motor na configuração estrela até que sua velocidade esteja próxima da velocidade de regime e, logo após o tempo especificado pelo relé temporizador, geralmente quando o motor atinge velocidade próxima da nominal, cerca de

90%, há a comutação para a configuração triângulo (MAMEDE FILHO, 2007). Este tipo de partida tem por características:

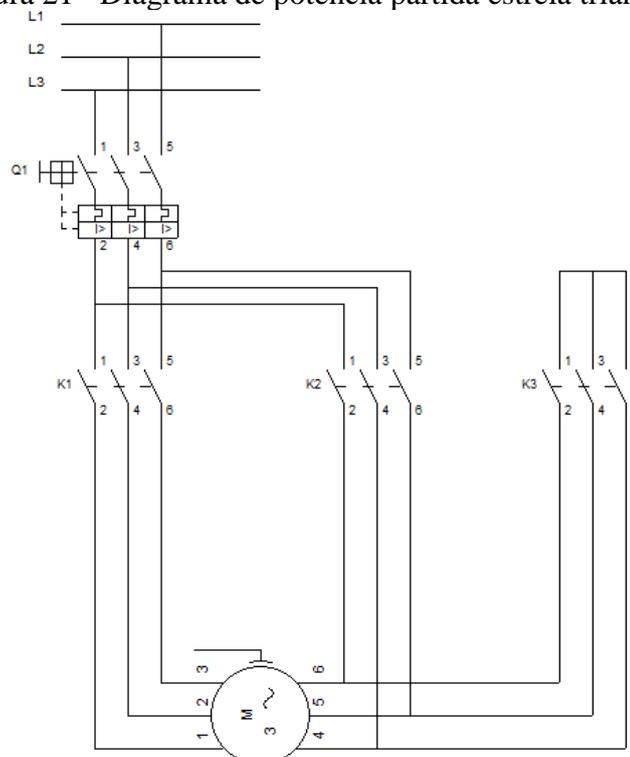
- a) partida com torque reduzido;
- b) redução da corrente de partida para 1/3 da corrente nominal.

Uma das desvantagens deste tipo de ligação é que o conjugado do motor também se reduz em três vezes, deste modo, deve se empregar este tipo de acionamento para partidas que não exijam um conjugado de partida elevado (FRANCHI, 2008).

#### 2.4.8 Diagrama de potência: partida estrela triângulo

Por meio da Figura 21, observa-se que os contatores K1 e K3 são os responsáveis pelo acionamento do motor no fechamento estrela, em que K1 alimenta o MIT com o sistema trifásico nos terminais 1, 2 e 3 e o contator K3 realiza o curto circuito nos terminais 4, 5 e 6. Ainda analisando o diagrama de potência da Figura 21, observa-se que os contatores K1 e K2 são os responsáveis pelo acionamento do motor no fechamento triângulo, em que os terminais 1-6, 2-4 e 3-5 estão unidos e recebendo alimentação trifásica. Além disso, utilizou-se para a proteção contra curto circuito e sobrecarga, o disjuntor motorizado (Q1).

Figura 21 - Diagrama de potência partida estrela triângulo.

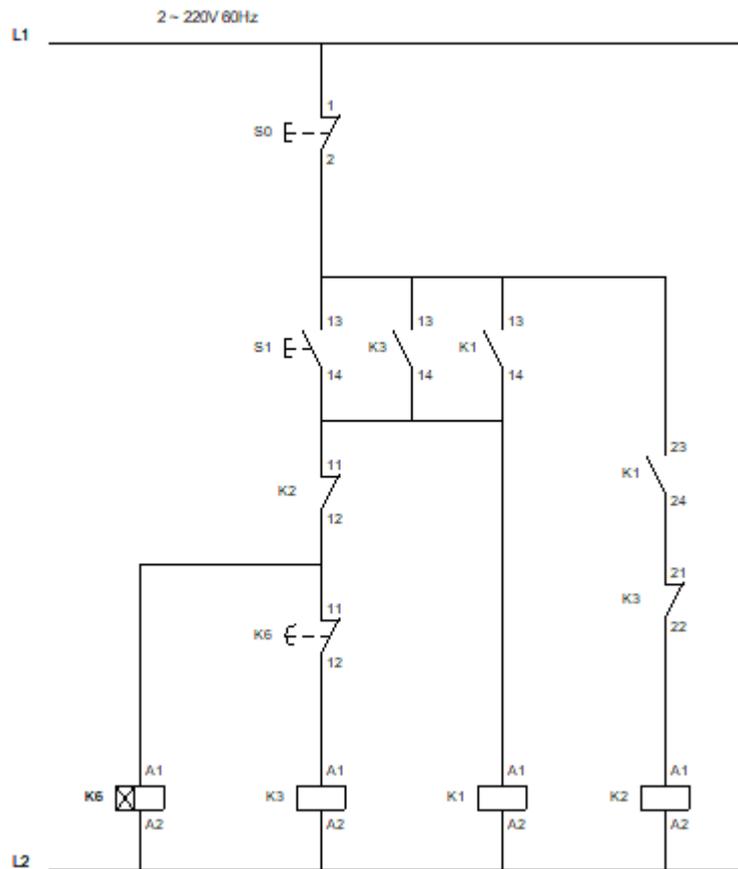


Fonte: Adaptado de Franchi (2008).

### 2.4.9 Diagrama de comando: partida estrela triângulo

O funcionamento do circuito de comando para a partida estrela triângulo (FIGURA 22) consiste nos seguintes comandos: pressionando-se a botoeira S1 (Liga), energiza-se a bobina do contator K3 e o temporizador K6. Desta maneira, o contator acionado será responsável pelo curto circuito nos terminais 4, 5 e 6 do motor. Os contatos auxiliares de K3 comutarão, garantindo que a bobina de K3 se mantenha energizada e que a bobina de K1 seja alimentada, então o motor recebe alimentação trifásica nos terminais 1, 2 e 3. Neste momento o motor está acionado no fechamento estrela e o relé temporizador é o quem determina o tempo em que o motor permanece nesta condição. Após este tempo, o contator K3 é desenergizado e K2 energizado, comutando a ligação do MIT para a configuração triângulo. Quando pressionada, a botoeira S0 (desliga) interrompe todo o circuito.

Figura 22 - Diagrama de comando partida estrela triângulo.



Fonte: Adaptado de Franchi (2008).

### 2.4.10 Dimensionamento

Para o adequado dimensionamento da partida estrela triângulo, é necessário que se leve em consideração as características individuais de cada componente do circuito elétrico de maneira individual, considerando que a corrente que circula em cada dispositivo é diferente uma da outra (MAMEDE FILHO, 2007).

#### 2.4.10.1 Contatores K1 e K2

Por meio da Figura 21, percebe-se que os contatores K1 e K2 trabalharão juntos quando o sistema assumir o fechamento triângulo, desta forma, é preciso determinar a corrente que circulará pelos contatos de K1 e K2, para definir-se o tipo de contator a se utilizar. No caso de K1 e K2, a corrente que percorrerá seus contatos será a corrente de fase, ou seja, a corrente que circula em cada uma das bobinas do motor elétrico trifásico (ALMEIDA, 2001).

Sabe-se que a corrente disponível na fonte de alimentação do MIT, conhecida como corrente de linha, é igual ao valor da corrente nominal do motor elétrico (EQUAÇÃO 10).

$$I_L = I_n \quad (10)$$

Deste modo, pode-se determinar a corrente de fase ( $I_\Delta$ ) que representa a corrente que circula nos contatores K1 e K2, por meio da Equação 11, que leva em consideração a corrente de linha ( $I_L$ ), determinada pela Equação 10 (ALMEIDA, 2012).

$$I_\Delta = \frac{I_L}{\sqrt{3}} \quad (11)$$

De acordo com a Equação 9, para o dimensionamento de contatores, a corrente de emprego do dispositivo deverá obedecer a um fator de segurança 15% superior à corrente nominal. Em posse da corrente de emprego ( $I_e$ ) pode-se determinar o tipo do contator a ser utilizado, considerando-se sua categoria de emprego.

#### 2.4.10.2 Contator K3

O contator K3 somente será utilizado no momento da partida do motor, instante ao qual o circuito assume o fechamento estrela, desta forma, a corrente que circulará neste trecho do circuito, será de 33% da corrente nominal. Desta maneira, utiliza-se a Equação 9, multiplicada por um fator de 0.33, para determinar a corrente de emprego do contator K3, como na Equação 12:

$$I_e > (0,33 * I_n) * 1,15 \quad (12)$$

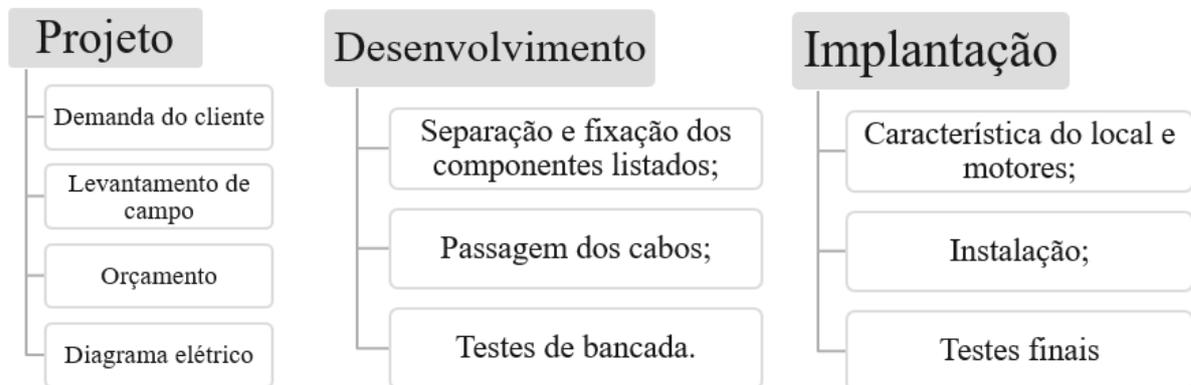
Com esta técnica é possível reduzir a corrente de partida a 1/3 (um terço) da corrente, logo o torque também reduz para 1/3 (um terço), ou seja, 33% do torque inicial. Assim, não é possível utilizar esta partida em situações onde a carga aplicada ao motor seja maior que 33% do suportado pelo motor no instante da partida (OLIVEIRA, 2012).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Em estágio realizado na Oficina Sbampato, na cidade de São João del Rei, foram desenvolvidas atividades relacionadas ao projeto, desenvolvimento e implantação de Centros de Controle de Motores (CCM) em diversas empresas da região. A oficina Sbampato é especializada em rebobinamento de motores de indução e confecção de painéis de distribuição, além de possuir os direitos de revenda de dispositivos Siemens. A empresa conta com mais de 30 colaboradores, entre eles, engenheiros eletricitas, técnicos eletricitas e estagiários dos cursos de engenharia.

A metodologia empregada pela Oficina Sbampato foi estruturada de acordo com o fluxograma da **Erro! Fonte de referência não encontrada.**3, e empregada para a execução do projeto do CCM implantado no Frigorífico São João. A metodologia é dividida em três etapas: projeto, desenvolvimento e implantação do CCM. Na etapa de projeto é realizado um contato inicial com o cliente para entender suas necessidades e apresentado ao mesmo um orçamento. Após aprovado pelo cliente, inicia-se a etapa de desenvolvimento, onde os eletricitas confeccionam o painel. Por fim, na etapa de implantação são realizadas as conexões elétricas no local de utilização.

Figura 23 - Fluxograma da metodologia empregada para projeto, desenvolvimento e implantação de CCM no frigorífico São João.



Fonte: Do autor (2019).

### **3.1 Projeto**

A primeira etapa a ser realizada é o projeto, que visa atender as necessidades propostas pelo cliente. A partir da demanda do cliente, realiza-se o trabalho de campo, onde são observadas as características do local de implantação do CCM. Então, realiza-se o orçamento, com base nos custos para a produção e por fim, é elaborado o diagrama elétrico, visando otimizar e auxiliar na etapa de desenvolvimento. Dentre estas etapas serão apresentadas mais detalhadamente as etapas da demanda do cliente, do levantamento de campo e da elaboração do diagrama elétrico. O orçamento não será apresentado devido à confidencialidade de dados da empresa.

#### **3.1.1 Demanda do cliente e levantamento de campo**

A primeira etapa para realização do projeto inicia-se com a demanda do cliente para a confecção de CCMs, geralmente, em função do crescimento da empresa e necessidade de automatizar o controle dos equipamentos. É realizada uma reunião inicial entre o cliente e a empresa, para a definição dos requisitos necessários para a realização do projeto.

Um eletricista capacitado foi enviado ao Frigorífico São João para a realização de levantamento técnico das cargas a serem controladas. Foram observados e anotados os dados de placa de cada motor a ser acionado, assim como outras especificações.

Este mesmo profissional foi responsável pela elaboração de um relatório técnico contendo as características do ambiente de implantação, tais como, a forma de acionamento de cada carga, sua quantidade e distância do painel, bem como a ocupação do ambiente. Estes detalhes de campo foram essenciais para o correto desenvolvimento do projeto.

O projeto foi realizado para o acionamento de 22 motores, entre eles: serras, esteiras, batedeiras, elevadores, guinchos, bombas, apresentados na Tabela 4. Os dados de potência e corrente foram extraídos da placa de cada motor. A coluna corrente representa a corrente de linha nominal de cada motor para uma tensão de 220V.

Tabela 4 – Levantamento das cargas instaladas.

<b>Grupo</b>	<b>Descrição</b>	<b>Potência (cv)</b>	<b>Corrente (A)</b>
1	Centrífuga de Bucho 1	12,50	34
	Centrífuga de Bucho 2	10,00	28
2	Centrífuga	3,00	9
	Serra Carcaça	5,00	15
	Serra Peito	5,00	15
	Serra do Chifre	3,00	9
	Serra do Esquartejo	5,00	15
	Escova	3,00	9
	Bomba de Lavar 1	3,00	9
	Bomba de Lavar Carcaça	3,00	9
	Noria	3,00	9
	Depiladeira	5,00	15
	Compressor	3,00	9
	Máquina de Cortar Cabeça	5,00	15
	3	Guincho do Boi Primário	3,00
Guincho do Porco Primário		3,00	9
Guincho do Porco Secundário		3,00	9
Guincho da Mesa Retoque		3,00	9
Guincho Rolete		3,00	9
Guincho Puxar Boi		3,00	9
Guincho do Transpasso		3,00	9
Guincho Transpasso		3,00	9

Fonte: Do autor (2019).

Estes motores foram separados em três grupos, de acordo com sua característica de acionamento:

- a) **Grupo 1:** partida estrela triângulo;
- b) **Grupo 2:** partida direta com sinalização;
- c) **Grupo 3:** partida direta com reversão.

O levantamento em campo foi realizado por meio de fotografias e anotações pelo técnico, visando um registro detalhado das características do local, para facilitar o trabalho do engenheiro responsável pelo projeto.

### **3.1.2 Orçamento**

Em posse do relatório técnico elaborado pelo eletricitista, o engenheiro responsável pelo projeto realizou o dimensionamento de cada componente elétrico e eletrônico, desde a espessura dos cabos elétricos à capacidade de carga dos dispositivos de proteção. A partir disto, realizou-se o levantamento de componentes elétricos, cabos, caixa de montagem, canaletas plásticas e terminais elétricos necessários para a confecção do painel. Calculou-se o custo de produção, levando-se em consideração os componentes e a mão de obra necessária para a construção do painel. Devido ao acordo de confidencialidade dos dados firmado pelas duas empresas, o valor orçado não poderá ser apresentado neste trabalho.

A oficina Sbampato é representante de dispositivos de acionamento da marca Siemens, tais como: disjuntores, contadores e medidores. Esses dispositivos foram utilizados para o desenvolvimento do projeto do CCM apresentado para o Frigorífico São João. Os dispositivos elétricos e eletrônicos utilizados no projeto, estavam disponíveis em tabelas digitalizadas com seus códigos e preços atualizados, para facilitar o trabalho de levantamento e cotação pela equipe comercial, responsável pelo orçamento e contato comercial com o cliente.

### **3.1.3 Diagrama Elétrico**

Após aprovado o orçamento pelo Frigorífico São João, iniciou-se a etapa de elaboração do diagrama elétrico. No escritório, o engenheiro utilizou recursos computacionais, tais como o Auto-Cad, para a confecção do projeto elétrico contendo as especificações técnicas, o que permitiu um elevado grau de exatidão na etapa de execução realizada pelos eletricitistas.

A metodologia utilizada para a elaboração dos diagramas elétricos para cada um dos grupos identificados na etapa anterior é apresentada a seguir, porém os diagramas elétricos entregues ao Frigorífico São João não serão apresentados neste trabalho devido à confidencialidade dos dados, somente uma representação das técnicas de partida de MIT adotadas à cada grupo de motores.

### 3.1.3.1. Grupo 1: partida estrela triângulo

Devido às características de funcionamento da centrífuga de bucho, utilizou-se a técnica de partida estrela triângulo para reduzir a corrente de partida do equipamento, uma vez que, este era retirado da inércia já carregado com a buchada bovina, o que poderia causar uma queda de tensão nas outras cargas do Frigorífico.

Na partida estrela triângulo, o motor parte com ligação estrela, reduzindo a tensão aplicada às bobinas, e por meio de um relé temporizador, comuta para triângulo. As Figuras 21 e 22, apresentadas na seção 2.4.8 e 2.4.9, descrevem os diagramas de comando e potência para este tipo de partida.

No grupo 1 se encaixaram dois motores, sendo eles: Centrífuga de Bucho 1 e 2 (TABELA 4). O dimensionamento dos contadores para o circuito potência foi realizado a partir das etapas descritas na sessão 2.4.10, e reapresentadas a seguir.

Por meio da Figura 21 percebe-se que os contadores K1 e K2 trabalham juntos para fazer o fechamento em triângulo. O dimensionamento foi feito a partir do seguinte procedimento:

- a) Definição da corrente de fase do motor:
  - A corrente que circula pelos contatos de K1 e K2 é a corrente de fase, ou seja, a corrente dentro do triângulo (delta), aqui denominada,  $I_{\Delta}$ . A corrente  $I_{\Delta}$  está relacionada com a corrente de linha dos motores pela Equação 11;
- b) Definição da corrente de emprego do contator:
  - De acordo com a Equação 9, para o dimensionamento de contadores, a corrente de emprego ( $I_e$ ) do dispositivo deve obedecer a um fator de segurança 15% superior à corrente nominal, como apresentado na Equação 13:

$$I_e > \frac{IL}{\sqrt{3}} * 1,15 \quad (13)$$

- c) Definição da categoria de emprego:
  - Nesse caso, os contadores utilizados obedecem à classe AC3, cujo desligamento é efetuado com o motor em regime.

O contator K3, por sua vez, somente será utilizado no momento da partida do motor, instante que o circuito assume o fechamento estrela. Desta forma, a corrente que circulará neste trecho do circuito, será de 33% da corrente nominal do motor. O dimensionamento deste

contator foi feito a partir de procedimento semelhante ao anterior, levando em consideração a redução na corrente de emprego, de acordo com a Equação (14).

$$I_e > (0,33 * I_n) * 1,15 \quad (14)$$

Por fim, foi realizado o dimensionamento do disjuntor. Pela Figura 22 é possível observar que os disjuntores devem ser dimensionados para a corrente de linha do motor ( $I_n$ ). Conforme item 2.2.5, esses disjuntores devem ter a curva de ruptura tipo C.

No circuito de comando, foram utilizadas botoeiras do tipo cogumelo para a emergência e botões não retentivos para o comando de liga e desliga. A botoeira do tipo cogumelo, utilizada para a emergência, não foi representada nos diagramas apresentados devido à utilização de uma única botoeira de emergência para o circuito, desta maneira, ao ser pressionada, todo o circuito será interrompido. Para a sinalização, foram utilizadas três lâmpadas: motor ligado na cor verde, motor desligado na cor vermelha e indicação de falha em laranja.

### **3.1.3.2. Grupo 2: partida direta com sinalização**

Neste grupo inserem-se nove motores, dentre eles as serras que não necessitam de uma partida suavizada, pois partem a vazio, tais como: máquina de cortar cabeça, serra carcaça, serra do peito, serra do chifre, serra do esquartejo, centrífuga, nória, depiladeira e compressores. As serras são as ferramentas especializadas para a realização de corte das partes mais rígidas dos animais, tais como chifres, carcaça, costela, entre outros.

De acordo com a Figura 17, no circuito de potência para a partida direta foram utilizados os seguintes componentes: contator e disjuntor. Para o dimensionamento do contator, foi utilizada a seguinte relação:

$$I_e > I_c * 1,15 \quad (9)$$

O dimensionamento do disjuntor também foi feito levando-se em consideração a corrente de linha dos motores.

No circuito de comando, foram utilizados os seguintes componentes: botoeiras não retentivas para o comando de liga e desliga, a bobina e os contatos auxiliares do contator para lógica de selo e disjuntores. Para a sinalização, foram utilizadas três lâmpadas: motor ligado na cor verde, motor desligado na cor vermelha e indicação de falha em laranja.

### **3.1.3.3 Grupo 3: partida direta com reversão**

Os guinchos possuem a finalidade de elevação de carga e precisam trabalhar em dois sentidos de rotação dos motores, pois devem elevar e abaixar a carga. Desta forma, a partida direta com reversão foi necessária para os seguintes equipamentos: guincho do boi primário, guincho do boi secundário, guincho do porco primário, guincho da mesa retoque, guincho rolete, guincho do transpasso. Neste tipo de partida, no circuito de potência, são necessários os seguintes componentes: dois contatores, um para cada sentido de giro do motor e um disjuntor.

O dimensionamento dos contatores e disjuntores é feito da mesma maneira que na partida direta, considerando que estes componentes irão conduzir a corrente de linha do motor.

Para o projeto do circuito de comando, utilizou-se os seguintes componentes: duas botoeiras não retentivas, utilizadas para reversão manual do sentido de giro do motor, contatos auxiliares dos contatores, e sinaleiros nas cores: verde para a indicação do funcionamento do motor, vermelho para motor desligado e laranja para indicação de falha.

## **3.2 Desenvolvimento**

Após elaborado o diagrama elétrico, iniciou-se a segunda etapa, que consiste no desenvolvimento do painel pela equipe de eletricitistas capacitados. Para isto, foi necessário separar os componentes listados, entre eles os disjuntores, contatores, cabos, canaletas, entre outros, e fixá-los na caixa de montagem utilizando as ferramentas adequadas.

Posteriormente, realiza-se a passagem dos cabos internos do CCM obedecendo as especificações de projeto, tais como: a espessura de cada cabo e as suas cores. É necessário estar atento à quantidade de cabos nas canaletas, de modo que estejam bem distribuídos e que percorram o menor caminho entre os dispositivos, visando evitar o desperdício de material.

A etapa de desenvolvimento foi finalizada com testes iniciais, onde foram verificados: o funcionamento das lâmpadas de sinalização; as ligações elétricas, com o auxílio de multímetros; o funcionamento do sistema de ventilação; o funcionamento do circuito de comando, por meio do acionamento das botoeiras e o funcionamento do circuito de potência, através do uso de motores auxiliares. Essa etapa foi realizada já na planta do Frigorífico São João, sendo imprescindível para dar sequência a implantação final do projeto.

### **3.3 Implantação**

Nesta fase, realizou-se a instalação e os testes finais do CCM. Na instalação, os cabos de saída da CCM foram conectados aos respectivos motores e o CCM foi conectado à rede de distribuição elétrica. Foi necessário se atentar ao sentido de giro de cada motor e à sequência de fases da rede elétrica, para adequado funcionamento dos mesmos.

Por fim, é realizada uma nova etapa de testes para a certificação do correto funcionamento dos dispositivos instalados, das lógicas de comando e da operação dos motores. Ao final do processo de instalação, tendo realizados todos os testes em campo, elaborou-se o relatório de implantação para a validação do projeto.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste Capítulo serão apresentados os resultados para as etapas de projeto, desenvolvimento e implantação do Centro de Controle de Motores no frigorífico São João, na cidade de São João Del Rei.

### 4.1 Projeto

Devido à expansão da empresa, houve a necessidade de instalação de novos equipamentos para suprir a crescente produção. Com isso, foi preciso realizar a troca do painel de distribuição existente no local (Figura 244) por um mais robusto, capaz de atender as atuais necessidades da empresa.

Figura 24 - Antigo painel de distribuição do Frigorífico São João.



Fonte: Do autor (2019).

A partir da Figura 24, observa-se que a caixa de montagem que existia no local é pequena e estava enferrujada, os cabos estavam soltos e espalhados, houveram emendas danificadas que poderiam causar aquecimento excessivo da fiação, aumentando o consumo de

energia elétrica e o risco de incêndios. Então, iniciou-se a etapa de levantamento de dados, das novas necessidades para o acionamento e controle dos motores, e da aprovação do orçamento pelo cliente, por fim, iniciou-se a etapa de elaboração dos diagramas elétricos e dimensionamento dos dispositivos utilizados no circuito de potência.

#### **4.1.1 Diagramas elétricos e dimensionamento**

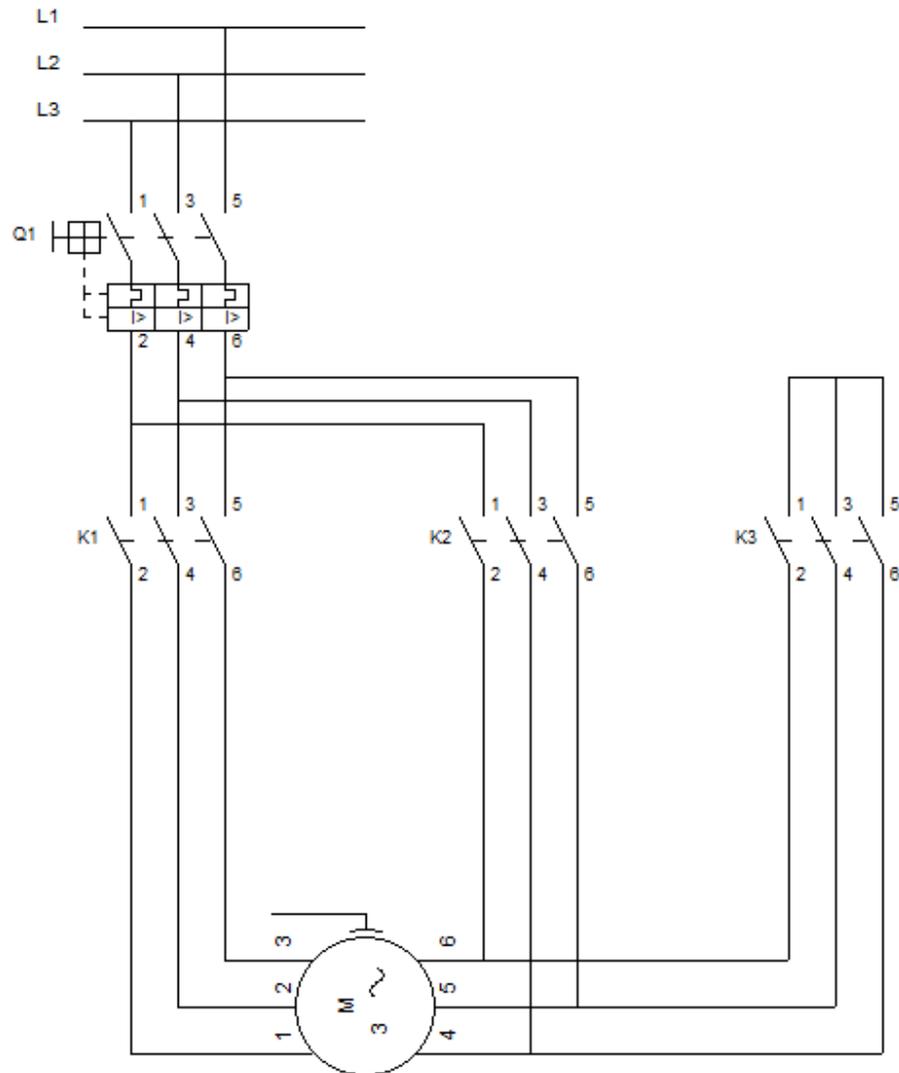
Os diagramas elétricos para os Grupos 1, 2 e 3 com base no tipo de partida adotada, são apresentados a seguir.

##### **4.1.1.1 Diagrama elétrico do Grupo 1**

A Figura 25 apresenta o diagrama de comando para o grupo de motores 1 que tiveram a necessidade de utilização da partida estrela triângulo. Neste tipo de partida, pressionando-se a botoeira S1 (Liga), energiza-se o a bobina do contator K3 e o temporizador K6. Desta maneira, o contator acionado será responsável pelo curto circuito nos terminais 4, 5 e 6 do motor (FIGURA 26). Os contatos auxiliares de K3 comutarão, garantindo que a bobina de K3 se mantenha energizada por meio do selo. Ao pressionar a botoeira S1, esta também alimenta a bobina de K1, então o motor recebe alimentação trifásica nos terminais 1, 2 e 3. Neste momento o motor está acionado no fechamento estrela e o relé temporizador é quem determina o tempo em que o motor permanece nesta condição. Após este tempo, o contato auxiliar normalmente fechado de K6 se abre, o contator K3 é desenergizado e K2 energizado, comutando a ligação do MIT para a configuração triângulo. Quando pressionada, a botoeira S0 (desliga) interrompe todo o circuito. O sinalizador H1 indica motor em funcionamento e o H2 motor desligado. Já o sinalizador H3, vinculado à Q1, indica falha no funcionamento.



Figura 26 - Diagrama de potência partida estrela triângulo



Fonte: Do autor (2019).

O dimensionamento dos componentes elétricos obedeceu a metodologia apresentada na sessão 3.1.3.1, e os resultados são mostrados na Tabela 5.

Tabela 5 – Especificação de contatores e disjuntores do Grupo 1.

Descrição	Potência (cv)	Disjuntor Nomen.	Disjuntor		Contator Nomen.	Contator	
			Corrente (A)			Corrente (A)	
			Calculada	Comercial		Calculada	Comercial
Centrífuga de Bucho 1	12,50	Q1	40	40	K1, K2	38,30	40
			18	20		K3	12,65
Centrífuga de Bucho 2	10,00	Q18	40	40	K27,	36,2	40
			12	15	K28		
					K29		

Fonte: Do autor (2019).

Na Tabela 5 são apresentadas as nomenclaturas utilizadas para os disjuntores e contatores no projeto elétrico final dos motores do grupo 1, bem como suas correntes de emprego. A partir das correntes de emprego e das tabelas disponíveis na empresa foram definidos os valores comerciais de corrente destes dispositivos. Todos os contatores obedecem à classe AC3, cujo desligamento é efetuado com o motor em regime. Os disjuntores, por sua vez, possuem curva de ruptura do tipo C.

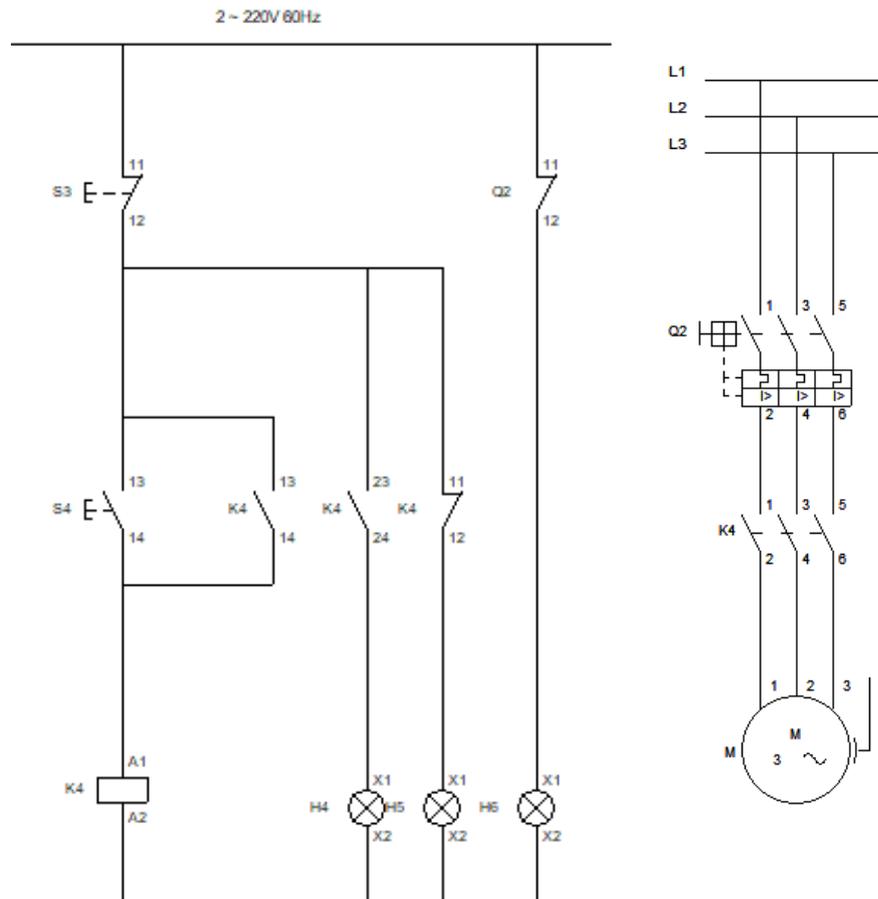
#### **4.1.1.2 Diagrama elétrico do Grupo 2**

Os motores do Grupo 2 são àqueles que necessitam de partida direta com sinalização. A Figura 27, apresenta os diagramas de comando e potência para os motores que se enquadraram neste grupo.

Na partida direta com sinalização, quando o botão S3 é pressionado, energiza-se a bobina do contator K4 fechando seus contatos, deste modo o motor é ligado na sequência de fases R, S e T. Ao mesmo tempo, os contatos auxiliares NA e NF de K4 são responsáveis pela indicação luminosa por meio das lâmpadas H4 e H5, do funcionamento do motor. Quando a bobina de K4 é energizada, o contato 23/24 de K4 se fecha energizando a lâmpada H4, indicando motor em funcionamento. Quando a bobina de K4 é desenergizada, o contato 11/12 de K4 se fecha energizando a lâmpada H5, indicando motor desligado. A lâmpada H6, conectada a um contato auxiliar do disjuntor motorizado Q1, quando acionada, indica falha de funcionamento.

Na Tabela 6 são apresentadas as nomenclaturas utilizadas para os disjuntores e contatores no projeto elétrico final dos motores do grupo 2, bem como suas correntes de emprego. A partir das correntes de emprego e das tabelas disponíveis na empresa foram definidos os valores comerciais de corrente destes dispositivos. Assim, como para o Grupo 1, todos os contatores obedecem à classe AC3, cujo desligamento é efetuado com o motor em regime. Os disjuntores, por sua vez, possuem curva de ruptura do tipo C.

Figura 27 - Diagrama de comando e potência da partida direta com sinalização.



Fonte: Do autor (2019).

Tabela 6 - Corrente de emprego contadores e disjuntores.

Descrição	Potência (cv)	Disjuntor			Contador		
		Nomen.	Corrente (A)		Nomen.	Corrente (A)	
			Calculada	Comercial		Calculada	Comercial
Depiladeira	5,00	Q2	17,25	20	K4	17,25	18
Compressor	3,00	Q3	10,35	15	K5	10,35	12
Máquina de Cortar Cabeça	5,00	Q4	17,25	20	K6	17,25	18
Serra carcaça	5,00	Q13	17,25	20	K21	17,25	18
Serra Peito	5,00	Q14	17,25	20	K22	17,25	18
Serra do Chifre	3,00	Q15	10,35	15	K23	10,35	12
Escova	3,00	Q16	10,35	15	K24	10,35	12
Bomba de Lavar 1	3,00	Q17	10,35	15	K25	10,35	12
Bomba de Lavar Carcaça	3,00	Q18	10,35	15	K26	10,35	12
Serra do Esquartejo	5,00	Q21	17,25	20	K31	17,25	18
Noria	3,00	Q22	10,35	15	K32	10,35	12

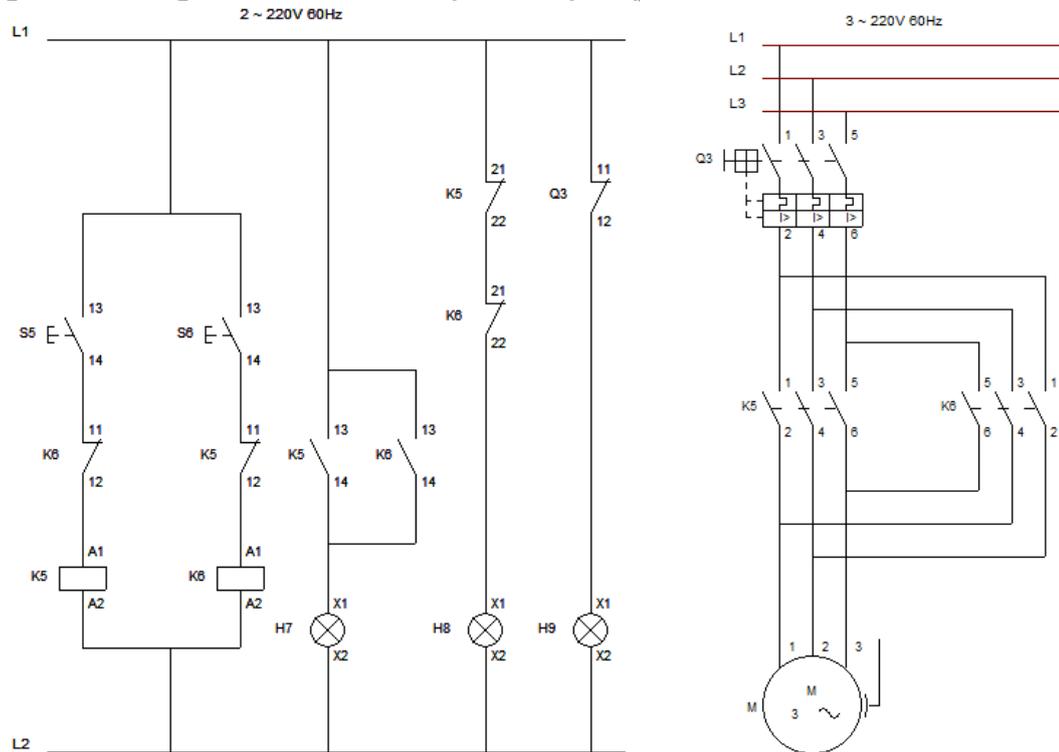
Fonte: Do autor (2019).

#### 4.1.1.3 Diagrama elétrico do Grupo 3

A Figura 28 apresenta o diagrama de comando e potência para os equipamentos do Grupo 3. Estes equipamentos foram acionados utilizando partida direta com reversão manual. Observa-se pela Figura 28 que, quando o botão S5 é pressionado, energiza-se a bobina do contator K5 fechando seus contatos, deste modo o motor é ligado na sequência de fases R, S e T. Da mesma forma, pressionando-se o botão S6 energiza-se a bobina do contator K6 fechando seus contatos de modo a ligar o motor na sequência de fases S, R e T, invertendo-se o sentido de giro. Observa-se que foram utilizadas botoeiras não retentivas para o acionamento do motor, desta forma, o operador precisa permanecer pressionando a botoeira até que, o guincho alcance a altura desejada. Quando a bobina de K5 é energizada, o contato 13/14 de K5 se fecha energizando a lâmpada H7, indicando motor em funcionamento e guincho subindo. Quando a bobina de K6 é energizada, o contato 13/14 de K6 se fecha energizando a lâmpada H7, indicando motor ligado no sentido contrário e guincho descendo. A lâmpada H8 quando acionada, representa motor desligado e a lâmpada H9 conectada a um dos contatos auxiliares de Q1 representa falha.

No circuito de comando, foi feito um intertravamento com os contatos auxiliares dos contadores K5 e K6. Essa lógica é capaz de impedir que os dois contadores sejam acionados ao mesmo tempo, evitando um curto circuito entre as fases R e S, o que danificaria os componentes de partida deste motor.

Figura 28 - Diagrama de comando e potência para partida direta com reversão manual.



Fonte: Do autor (2019).

A Tabela 7, apresenta os valores da corrente de emprego dos contatores e disjuntores do Grupo 3.

Tabela 7 - Corrente de emprego contatores e disjuntores.

Descrição	Potência (cv)	Disjuntor			Contator		
		Nomen.	Corrente (A)		Nomen.	Corrente (A)	
			Calculada	Comercial		Calculada	Comercial
Guincho do Boi Primário	3,00	Q5	10,35	15	K7, K8	10,35	12
Guincho do Porco Primário	3,00	Q6	10,35	15	K9, K10	10,35	12
Guincho do Porco Secundário	3,00	Q7	10,35	15	K11, K12	10,35	12
Guincho da Mesa	3,00	Q8	10,35	15	K13, K14	10,35	12
Guincho Retoque Rolete	3,00	Q9	10,35	15	K15, K16	10,35	12
Guincho Puxar Boi	3,00	Q11	10,35	15	K18, K19	10,35	12
Guincho do Transpasso	3,00	Q17	10,35	15	K27, K28	10,35	12
Guincho Transpasso	3,00	Q20	10,35	15	K29, K30	10,35	12

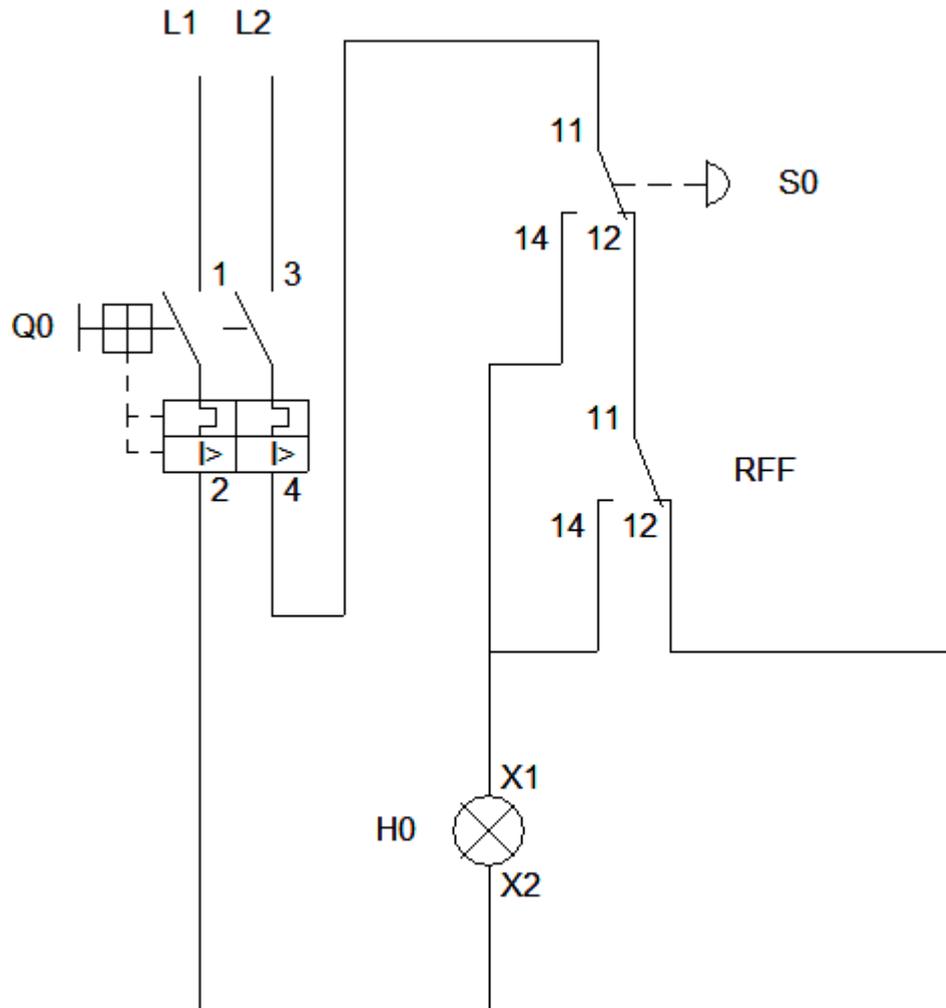
Fonte: Do autor (2019).

Na Tabela 7 são apresentadas as nomenclaturas utilizadas para os disjuntores e contatores no projeto elétrico final dos motores do Grupo 3, bem como suas correntes de emprego. Para o Grupo 3, os contatores também obedecem à classe AC3 e os disjuntores, por sua vez, possuem curva de ruptura do tipo C.

#### **4.1.1.4 Diagrama geral e de proteções para o circuito de comando**

O diagrama geral do comando, mostrado na Figura 29, contém as proteções necessárias para garantir a integridade do sistema elétrico, observa-se a presença do disjuntor motor bipolar (Q0), denominado disjuntor de comando, responsável pela proteção do circuito de comando contra curto circuito e sobrecarga. Ainda na Figura 29, observa-se os contatos do relé falta de fase (RFF), que na falta de uma das fases o relé comuta abrindo o circuito para impedir a circulação de corrente elétrica, assim como a botoeira de emergência (S0), que em caso de emergências, o operador ao pressioná-la abre o circuito elétrico impedindo a circulação de corrente elétrica.

Figura 29 - Diagrama geral do comando, contendo as proteções. Detalhe do sistema de proteção. Disjuntor de comando (Q0), Botão de emergência (S0), Contatos auxiliares do Relé falta de fase (RFF).



Fonte: Do autor (2019)

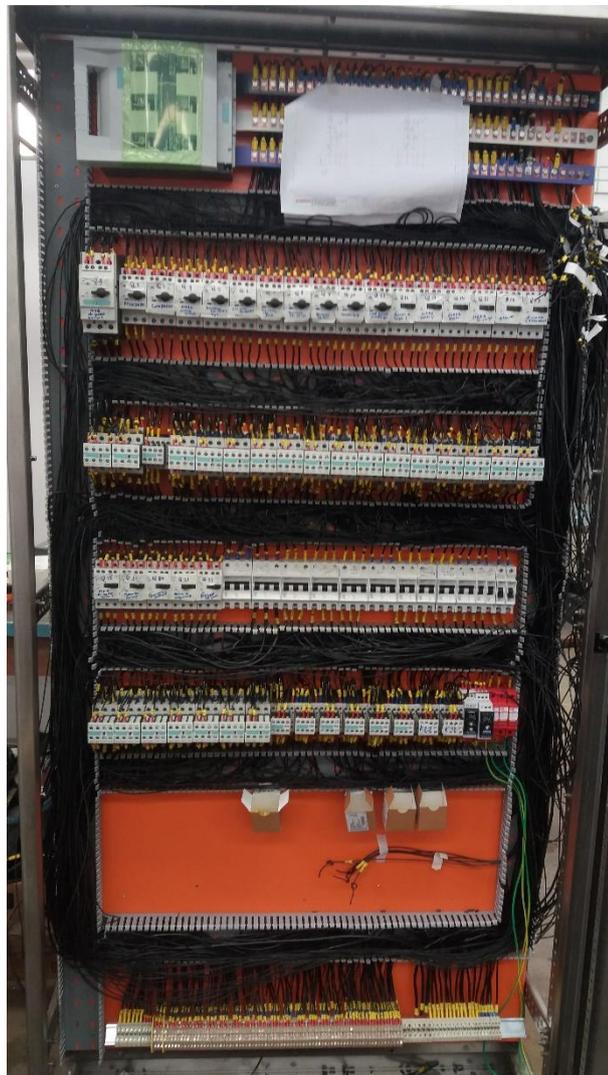
## 4.2 Desenvolvimento

O início da montagem do painel de distribuição se deu por meio da separação e fixação dos componentes à caixa de montagem. Nessa etapa, foram fixadas as canaletas plásticas que conduzem os cabos aos demais componentes, como os disjuntores, contadores e barramentos, conforme apresentado na Figura 30. Levou-se em consideração o tamanho dos dispositivos para alocá-los visando facilitar a passagem dos cabos, e conseqüentemente economizando material.

Observa-se ainda na Figura 30, a presença de barramentos, pelos quais é fornecida a alimentação trifásica aos disjuntores, que por sua vez farão a proteção dos motores. Nota-se também, as canaletas plásticas, onde os cabos elétricos ficam dispostos.

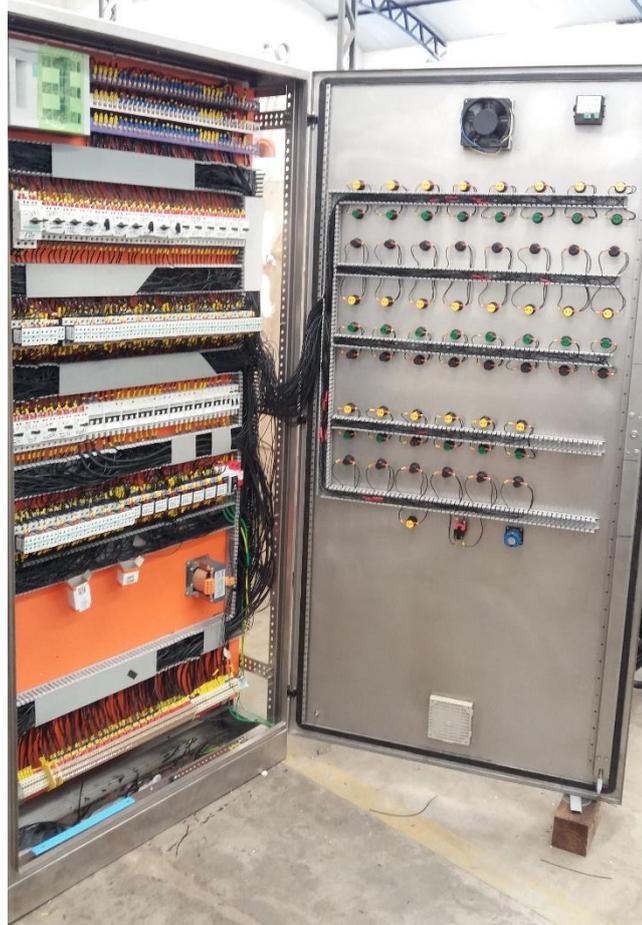
Após a fixação, realizou-se a passagem dos cabos para a interligação dos componentes, levando em consideração as especificações contidas no projeto. Para a adequada fixação dos cabos aos componentes eletrônicos, são utilizados terminais e conectores, de acordo com a espessura dos mesmos. A Figura 31, apresenta o CCM após a finalização da passagem dos cabos, interligando os componentes eletrônicos, inclusive o sistema de sinalização luminosa presente na porta do painel. Nesta etapa o diagrama elétrico deve ser respeitado e continuamente consultado, de forma que o circuito elétrico funcione como o desejado.

Figura 30 - Fixação dos componentes elétricos e canaletas na caixa de montagem.



Fonte: Do autor (2019).

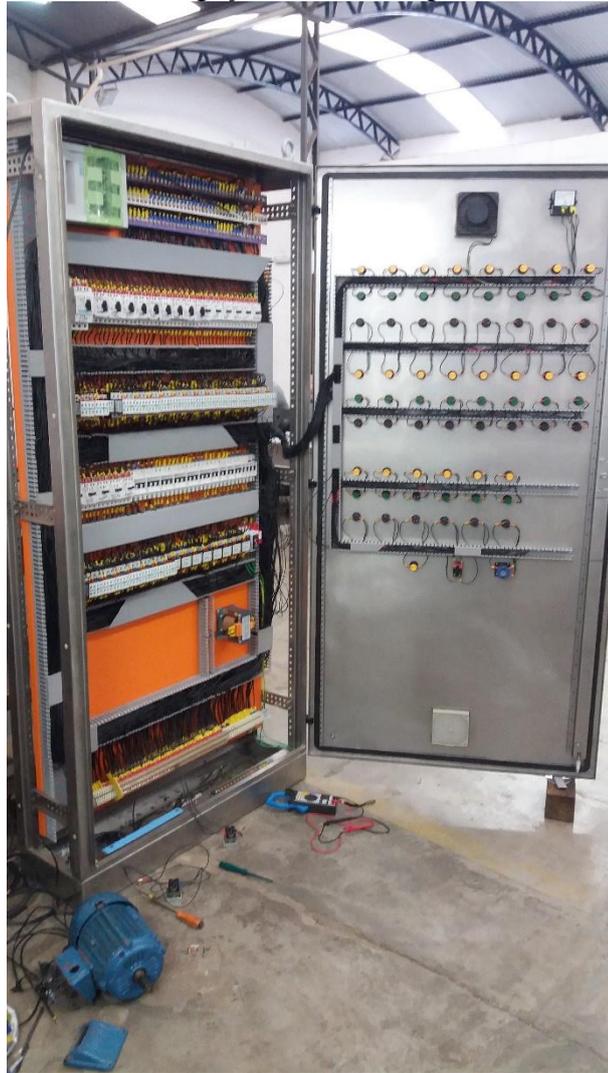
Figura 31 - Circuito elétrico (Passagem de cabos).



Fonte: Do autor (2019).

Após a passagem de todos os cabos realizou-se a etapa de testes, para a verificação do funcionamento das lógicas de comando da CCM, de acordo com a sua aplicação. Foram realizados com sucesso todos os testes propostos na metodologia. A Figura 32 32, mostra a realização dos testes dos circuitos por meio da utilização de um MIT, onde são colocadas à prova todas as conexões e lógicas de comando do CCM.

Figura 32 - Fase de testes das ligações elétricas a partir da utilização de um MIT.



Fonte: Do autor (2019).

Ao fim da etapa de testes, realizou-se a etapa de acabamento, onde foram inseridos os acrílicos para a proteção dos barramentos, colocadas as tampas das canaletas plásticas e colados os adesivos de sinalização. A Figura 33, mostra o CCM pronto para a instalação no ambiente de trabalho ao qual foi designado. Toda a etapa de desenvolvimento foi realizada no setor de produção da Oficina Sbampato.

Figura 33 - Painel finalizado



Fonte: Do autor (2019).

### 4.3 Implantação

Ao término da etapa de desenvolvimento, realizou-se a fase de implantação no local de sua utilização, o Frigorífico São João. Neste ponto, foi preciso considerar as características do local e prepará-lo para a instalação do painel. No frigorífico São João foi necessário realizar o bandejamento dos cabos, como na Figura 34, para que os cabos provenientes dos motores ficassem acomodados.

Figura 34 – Bandeamento dos cabos provenientes dos motores.



Fonte: Do autor (2019).

O novo CCM foi alocado em um cômodo ao lado da antiga sala elétrica, obrigando a realização de emendas nos cabos provenientes dos motores para alcançarem à posição escolhida. Aos poucos, cada acionamento do antigo painel CCM era removido e devidamente instalado no novo, que estava preparado para recebê-lo, tomando-se o cuidado de realizar as conexões em seus respectivos bornes de ligação. Para cada circuito removido e instalado no novo painel, foram realizados testes para a verificação do sentido de giro de cada motor, caso o sentido estivesse trocado, invertia-se as fases nos bornes de ligação.

A Figura 35 mostra o novo CCM instalado no Frigorífico São João. Observa-se os sinaleiros acesos, indicando o estado de funcionamento de cada motor naquele instante.

Figura 35 - Painel instalado.



Fonte: Do autor (2019).

Ao término da etapa de instalação, o Frigorífico São João foi equipado com o Centro de Controle de Motores robusto, que atendeu suas necessidades e está apto a receber novas funcionalidades de acordo com as futuras demandas.

O diagrama elétrico final, assim como os preços e tabelas de fabricantes, não puderam ser apresentadas devido a confidencialidade dos dados da Oficina Sbampato.

## 5 CONCLUSÃO

Os centros de controle de motores estão presentes nos mais diversos segmentos da indústria. A implantação de CCMs para o controle de motores é de extrema importância, visto que permitem uma maior continuidade na operação e nível elevado de segurança aos operadores e equipe de manutenção, acomodando grande número de cargas acionadas simultaneamente.

A elaboração dos projetos e diagramas elétricos de forma detalhada, reduz o tempo de desenvolvimento, garantindo uma maior eficiência na fabricação do CCM. Além disso, os testes realizados antes da etapa de implantação no cliente, garantem o bom funcionamento dos equipamentos antes que saiam da Oficina Sbampato, evitando-se imprevistos na instalação.

Deve-se ressaltar que foram adotadas as técnicas de partida direta, direta com reversão e estrela triângulo, que foram suficientes para a realização do projeto proposto. No entanto, poderiam ter sido utilizados alguns outros dispositivos como controladores lógicos programáveis (CLP), inversores de frequência e *soft-starters*, que possibilitariam um controle ainda mais eficiente da produção.

De modo geral, o CCM instalado no Frigorífico São João ofereceu melhorias na automação do processo produtivo além de trazer maior segurança aos operadores do sistema, visto que o antigo CCM já não atendia às necessidades produtivas da empresa. O antigo CCM apresentava defeitos relacionados à ação do tempo, provocando a sua deterioração, emendas nos cabos, o que poderia causar graves prejuízos à empresa. Desse modo, a instalação do novo CCM proporcionou além da melhora na eficiência energética e produtiva, uma maior segurança e durabilidade, devido ao material utilizado ser de aço inoxidável.

Por fim, o estágio realizado na Oficina Sbampato ofereceu um grande aprendizado, colocando em prática o conhecimento teórico adquirido durante o curso de Engenharia de Controle e Automação, além de possibilitar a experiência de vivenciar o dinamismo existente em uma empresa do setor de eletricidade.

## REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5361: **Disjuntores de baixa tensão**; Rio de Janeiro, 1998.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR IEC 60947: **Dispositivos de Manobra e Proteção**; Rio de Janeiro, 1998.

ALVES, M. F. **ABC das Máquinas Elétricas**. Porto. ISEP, 59p., 2003.

BARBOSA, R. P. **Eletrônica IV**. Centro de Educação Tecnológica do Amazonas, Manaus, 2016.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR-10 - Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade. Disponível em: [https://enit.trabalho.gov.br/portal/images/Arquivos\\_SST/SST\\_NR/NR-10.pdf](https://enit.trabalho.gov.br/portal/images/Arquivos_SST/SST_NR/NR-10.pdf). Acesso em: 12 de junho de 2019.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR-26 - Sinalização de Segurança (126.000-6). Disponível em: [https://enit.trabalho.gov.br/portal/images/Arquivos\\_SST/SST\\_NR/NR-26.pdf](https://enit.trabalho.gov.br/portal/images/Arquivos_SST/SST_NR/NR-26.pdf). Acesso em: 12 de junho de 2019.

CADe\_SIMU. Disponível em: <http://canalplc.blogspot.com/p/cadesimu.html>. Acessado em Junho de 2019.

CAMPOS JÚNIOR, H. G. **Centro de Controle de Motores Inteligente**. Trabalho de Conclusão de Curso – CEFET-MG, Belo Horizonte, 2014.

CUNHA, L. **Relés e contadores**. O setor elétrico, 2009.

DIB, W. M. **Projetos de Quadros de Baixa Tensão**, Informativo Técnico vol. XXII – Siemens, 1979.

DRANKA, G, G. **Análise de oscilações de tensão devido à partida de motores elétricos de grande porte em redes elétricas industriais com multialimentadores**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2012.

FILLIPO FILHO, G.; DIAS, R. B. **Comandos elétricos - componentes discretos, elementos de manobra e aplicações**. 1ª edição. São Paulo. Érica. 2014.

FITZGERALD, A. E.; KINGSLEY Jr., C. e UMANS, S. D. **Máquinas Elétricas**. 6ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

FRANCHI, C. M. **Acionamentos Elétricos**. 4ed. Editora Érica Ltda, São Paulo, 2008.

FRANCHI, C. M. **Inversores de Frequência Teoria e Aplicações**. 2 ed. Editora Érica Ltda, São Paulo, 2013.

GUEDES, M. V. **O Motor de Indução Trifásico seleção e aplicação**. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 1994.

- KOSOW, I. T. **Máquinas Elétricas e Transformadores**. 9ed. Porto Alegre: Globo, 1993.
- LAVILL - **Painéis Elétricos e CCM's de Baixa Tensão**. p. 15. Disponível em: <<http://www.lavill.com.br/catalogos/c2.pdf>>. Acesso em: 14 fev. 2019.
- MAMEDE FILHO, J. **Instalações Elétricas Industriais**. 7ed. LTC Editora, 2007.
- METALTEX. Disponível em: <https://www.metaltex.com.br/produtos/automacao>. Acessado em: janeiro de 2019.
- NEVELSTEEN, J and ARAGON, H. 1989. **Starting of larges motors - Methods and economics**. PCIC-88-23. IEEE, 1989.
- NUNES, D. W.; BARBANTI, K. C. A.; POLTL, R. G. **Software de dimensionamento de isoladores e barramentos para painéis de distribuição**. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.
- OLIVEIRA, A. B. M. **Acionamento e Comandos Elétricos – Teoria e Laboratório**. 2 ed. Varginha: CEFET-MG, 2012.
- PETRUZELLA, F. D. **Motores elétricos e acionamentos**. São Paulo, AMGH Editora LTDA, 2010.
- ROCKWELL AUTOMATION. **Calendário de treinamento técnico - Julho – Dezembro 2010**.<http://br.rockwellautomation.com/applications/gs/la/GSBr.nsf/pages/Treinamento>
- SCHNEIDER ELETRIC. **Manual e Catálogo do Eletricista**. 139p. Disponível em: , Acessado em; Abril de 2019.
- SIEMENS. **Alta produtividade, máxima eficácia e flexibilidade**: aproveite ao máximo a energia da cana-de-açúcar. Soluções integradas em automação, energia e infra-estrutura. Siemens answers. Setor Sucroalcooleiro. S&E/2353- CA. Disponível em [http://www.siemens.com.br/medias/FILES/5296\\_20081103130701.pdf](http://www.siemens.com.br/medias/FILES/5296_20081103130701.pdf).
- SILVA, J. F. **Estudo de eficiência energética no sistema de força motriz em indústrias de transformação de subprodutos do abate de animais**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica). Alegrete, 74p. 2017.
- TAQUES, M. M. **Comandos Elétricos Industriais Teoria**. Instituto Federal de Santa Catarina, 47p., 2016.
- VICENTINI, O. H. S. **Proteção de Sobrecorrentes de Sistemas de Distribuição**. Universidade Federal de Itajubá. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, 2004. comandos elétricos: teorias e atividades - G. Nascimento
- WEG. **Centros de controle de motores de baixa tensão**. 921.43/062008. Jaraguá do Sul: WEG, 2008.