



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

**JOSÉ DOS RAMOS DA CRUZ COSTA**

**PARTIDA DE MOTORES ASSÍNCRONOS DE INDUÇÃO UTILIZANDO NA  
SIMULAÇÃO O SOFTWARE CADE SIMU**

Tucuruí  
2019

JOSÉ DOS RAMOS DA CRUZ COSTA

**PARTIDA DEMOTORES ASSÍNCRONOS DE INDUÇÃO UTILIZANDO NA  
SIMULAÇÃO O SOFTWARE CADe SIMU**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Universidade Federal do Pará do Curso de Engenharia Elétrica do Campus de Tucuruí-PA(UFPA), como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharelado em Engenharia Elétrica.  
Orientador: Prof.º Me. Bernard Carvalho Bernardes.

Tucuruí  
2019

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

---

D722p dos Ramos da Cruz Costa, José  
PARTIDA DE MOTORES ASSÍNCRONOS DE INDUÇÃO  
UTILIZANDO NA SIMULAÇÃO O SOFTWARE CADE SIMU /  
José dos Ramos da Cruz Costa. — 2019.  
161 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Me. Bernard Carvalho Bernardes  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Faculdade de  
Engenharia Elétrica, Campus Universitário de Tucuruí,  
Universidade Federal do Pará, Tucuruí, 2019.

1. Motor de indução, Tensão, Corrente, Potência, Relé  
Temporizador RTW RE.01.. I. Título.

CDD 620

---

## AGRADECIMENTOS

Este Trabalho de Conclusão de Curso só se tornou possível em consequência da alegria e motivação de estudar numa das melhores universidades do país – Universidade Federal Do Pará – o curso dos meus sonhos: Bacharelado em Engenharia Elétrica.

Agradeço primeiramente a Deus, que me deu força e fé para nunca esmorecer, a minha família que mesmo distante e com dificuldade me deu todo apoio possível durante a minha caminhada; agradeço em especial aos meus pais; Jaime Santiago Costa e Maria José da Cruz Costa que não mediram esforços para me manter nesta cidade.

Desde o início sabia que a caminhada seria longa, mas a fé em Deus e a vontade de vencer os obstáculos sempre foram maiores, obrigado Senhor em me encorajar nos momentos de fraqueza e de grandes dificuldades (dentro e fora da Universidade).

Ao excelente corpo docente que tive na faculdade enquanto aluno, cito os professores: Prof.º Dr.º Ivaldo Ohana e o Prof.º Me. Bernard Carvalho Bernardes que com os seus ensinamentos e palavras de apoio me deram ânimo durante o curso.

E finalmente a todos os meus familiares e amigos que me ajudaram a vencer mais esse degrau de conhecimento que levo para minha vida; a todos aqueles que diretamente ou indiretamente fazem parte deste trabalho, deixo aqui meu profundo agradecimento.

Levo comigo o sentimento de vitória e do dever cumprido e carrego comigo a bagagem de conhecimentos adquiridos para que com essas ferramentas possa possibilitar a sociedade a construir um país mais digno e melhor.

## RESUMO

Esse trabalho tem como objetivo apresentar o funcionamento e as partes integrantes dos tipos mais usuais de partidas de motores assíncronos de indução (tipo gaiola de esquilo) monofásicos e trifásicos presentes nas indústrias de todo o mundo. Foi utilizado na simulação dos acionamentos o software CADe SIMU, um programa eficaz e leve para este tipo de demonstração (confeção de diagramas). Destacamos aqui as partidas: Partida Direta de Motor Trifásico, Partida Estrela Triângulo de Motor Trifásico e Partida Compensada de Motor Trifásico; num total de 10 acionamentos. Com relação aos parâmetros elétricos, foi feita a medição das grandezas de: tensão, corrente, potência e frequência e comparados os resultados para saber dentre os métodos apresentados qual foi o que se mostrou mais eficaz. Como carga nos acionamentos usamos um motor assíncrono de indução trifásico (tipo gaiola de esquilo) - WEG de potência  $P = kW$  (HP – CV) 0,18 (0,25). Para o acionamento da partida compensada, foi usado um autotransformador trifásico de partida – WALTEC de potência  $P = 1 CV$  (cavalo vapor). E para fazer o chaveamento dos contatores na partida estrela triângulo foi utilizado um relé temporizador específico para esse tipo de partida (estrela triângulo) do tipo: WEG – RTW RE.01. Todas as montagens e testes dos acionamentos foram realizados no Laboratório de Sistemas de Energia da Universidade Federal do Pará (UFPA) – na cidade de Tucuruí.

**Palavras-chave:** Motor de indução, Tensão, Corrente, Potência, Relé Temporizador RTW RE.01.

## **ABSTRACT**

The aim of this work is to present the operation and the parts of the most common types of single - phase and three - phase asynchronous induction (squirrel - cage) starter motors in industries worldwide. CADe SIMU software was used in simulation of the drives, an effective and light program for this type of demonstration (drawing of diagrams). Here are the highlights: Direct Three-Phase Motor Start, Three-Phase Motor Star Triangle and Three Phase Motor Start Match; in a total of 10 drives. Regarding the electrical parameters, the measurements of the voltage, current, power and frequency were measured and the results were compared to know which of the methods was most effective. As load on the drives we used a three - phase induction asynchronous motor (squirrel cage type) - WEG of power  $P = \text{kW (HP - CV) } 0.18 (0.25)$ . For the starting of the compensated starting, a three-phase starter autotransformer - WALTEC of power  $P = 1 \text{ CV (horsepower)}$  was used. And to make the switching of the contactors in the triangle star starter a specific timer relay was used for this type of starter (triangle star) of the type: WEG - RTW RE.01. All the assemblies and tests of the drives were realized in the Laboratory of Energy Systems of the Federal University of Pará (UFPA) – in the city of Tucuruí.

**Keywords:** Induction Motor, Voltage, Current, Power, Timer Relay RTW RE.01.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Senóide ou função senoidal.....	18
Figura 2. Cabos de ligação. ....	19
Figura 3. Cabo de Comando/Controle.....	20
Figura 4. Cabo de Comando/Controle.....	20
Figura 5. Voltímetro.....	21
Figura 7. Categoria de aplicação dos multímetros. ....	23
Figura 8. Botoeiras. ....	25
Figura 9. Sinaleiras.....	27
Figura 10. Princípio de Funcionamento do Disparador Bimetálico.....	30
Figura 11. Princípio de Funcionamento do Disparador Eletromagnético.....	31
Figura 12. Curva tempo versus corrente típica do disjuntor eletromagnético.....	32
Figura 13. Curvas de disparo B e C do minidisjuntor MBW.....	33
Figura 14. Disjuntores termomagnéticos: monopolar, bipolar e tripolar.....	33
Figura 15. Disjuntor Termomagnético Tripolar.....	34
Figura 16. Disjuntores diferencial-residual bipolar e tetrapolar.....	35
Figura 17. Chave Seccionadora Tipo Faca.....	35
Figura 18. Seccionador Fusível.....	36
Figura 19. Chave Seccionadora (Tipo Pacco). ....	37
Figura 20. Fusíveis tipo rolha.....	38
Figura 21. Fusíveis tipo cartucho.....	39
Figura 22. Fusíveis tipo diazed.....	40
Figura 23. Gráfico tempo fusão-corrente do fusível diazed.....	40
Figura 24. Fusível tipo neozed.....	41
Figura 25. Fusível tipo silized.....	42
Figura 26. Fusível tipo NH.....	42
Figura 27. Diagrama de ligações da chave de boia.....	44
Figura 28. Atuação da chave de boia e do contra peso.....	45
Figura 29. Interruptores paralelos.....	46
Figura 30. Contator de força tripolar.....	50
Figura 31. Contator de força tripolar.....	50
Figura 32. Simbologia do relé térmico de sobrecarga.....	52
Figura 33. Curva do relé térmico versus tempo de disparo.....	53
Figura 34. Relé térmico de sobrecarga.....	54
Figura 35. Relé temporizador RTW RE 0.1 (simbologia).....	55
Figura 36. Relé temporizador WEG (RTW RE 0.1).....	56
Figura 37. Vista expandida do motor monofásico de fase auxiliar.....	57

Figura 38. Motor monofásico de fase auxiliar. ....	60
Figura 39. Placa de identificação dos valores nominais. ....	60
Figura 40. Fechamento de motor monofásico de fase auxiliar. ....	61
Figura 41. Vista em corte do motor de indução trifásico. ....	63
Figura 42. Fechamento de motor trifásico de 12 terminais. ....	66
Figura 43. Motor de indução trifásico (MIT) de 6 terminais. ....	67
Figura 44. Placa de identificação dos valores nominais do (MIT). ....	67
Figura 45. Fechamento de motor trifásico de 6 terminais. ....	69
Figura 46. Autotransformador trifásico de partida ....	73
Figura 47. Placa de identificação dos valores nominais. ....	73
Figura 48. Partida de motor-bomba monofásico. ....	74
Figura 49. Partida de motor-bomba trifásico. ....	77
Figura 50. Partida direta de motor trifásico. ....	79
Figura 51. Partida direta com reversão de motor trifásico. ....	81
Figura 52. Partida estrela-triângulo de motor trifásico. ....	83
Figura 53. Partida estrela-triângulo com reversão de motor trifásico. ....	85
Figura 54. Partida compensada de motor trifásico. ....	87
Figura 55. Partida compensada com reversão de motor trifásico. ....	89
Figura 56. Partida direta com reversão de motor trifásico com frenagem por corrente alternada (CA). ....	92
Figura 57. Partida compensada e consecutiva de três (3) motores trifásicos. ....	95

## TABELA

Tabela 1. Cores padronizadas das botoeiras segundo normas .....	26
Tabela 2. Cores padrões das sinaleiras .....	27
Tabela 3. Relação de materiais elétricos industriais referente ao primeiro (1º) experimento: Partida de motor- bomba monofásica. ....	98
Tabela 4. Relação de materiais elétricos industriais referente ao segundo (2º) experimento: Partida de motor-bomba trifásica. ....	99
Tabela 5. Relação de materiais elétricos industriais referente ao terceiro (3º) experimento: Partida direta de motor trifásico. ....	100
Tabela 6. Relação de materiais elétricos industriais referente ao quarto (4º) experimento: Partida direta com reversão de motor trifásico. ....	101
Tabela 7. Relação de materiais elétricos industriais referente ao quinto (5º) experimento: Partida estrela-triângulo de motor trifásico. ....	102
Tabela 8. Relação de materiais elétricos industriais referente ao sexto (6º) experimento: Partida estrela-triângulo com reversão de motor trifásico. ....	103
Tabela 9. Relação de materiais elétricos industriais referente ao sétimo experimento (7º) experimento: Partida compensada de motor trifásico. ....	104
Tabela 10. Relação de materiais elétricos industriais referente ao oitavo (8º) experimento: Partida compensada com reversão de motor trifásico. ....	106
Tabela 11. Relação de materiais elétricos industriais referente ao nono (9º) experimento: Partida direta com reversão de motor trifásico com frenagem por corrente alternada (CA)..	107
Tabela 12. Relação de materiais elétricos industriais referente ao décimo (10º) experimento: Partida compensada e consecutiva de três (3) motores trifásicos. ....	108
Tabela 13. Parâmetros elétricos medidos referente ao primeiro (1º) experimento: Partida de motor-bomba monofásica. ....	110
Tabela 14. Parâmetros elétricos medidos referente ao segundo (2º) experimento: Partida de motor-bomba trifásica. ....	111
Tabela 15. Parâmetros elétricos medidos referente ao terceiro (3º) experimento: Partida direta de motor trifásico. ....	112
Tabela 16. Parâmetros elétricos medidos referente ao quarto (4º) experimento: Partida direta com reversão de motor trifásico. ....	114
Tabela 17. Parâmetros elétricos medidos referente ao quinto (5º) experimento: Partida estrela- triângulo de motor trifásico. ....	115
Tabela 18. Parâmetros elétricos medidos referente ao sexto (6º) experimento: Partida estrela- triângulo com reversão de motor trifásico. ....	117
Tabela 19. Parâmetros elétricos medidos referente ao sétimo (7º) experimento: Partida compensada de motor trifásico. ....	119
Tabela 20. Parâmetros elétricos medidos referente ao oitavo(8º) experimento: Partida compensada com reversão de motor trifásico. ....	120
Tabela 21. Parâmetros elétricos medidos referente ao nono (9º) experimento: Partida direta com reversão de motor trifásico com frenagem por corrente alternada (CA). ....	122

Tabela 22. Parâmetros elétricos medidos referente ao décimo (10º) experimento: Partida compensada e consecutiva de três (3) motores trifásicos.....	123
---	-----

## LISTAS DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
CV	Cavalo Vapor
kW	Quilo Watts
MIT	Motor de Indução Trifásico
DDP	Diferença de Potencial
FEM	Força Eletromotriz
IEC	Intenational Electrotechnical Comission - Comissão Internacional de Eletrotécnica
VDE	Verband Deustscher Elektrotechniker – Associação de Engenheiros Eletricistas Alemães
PVC	Cloreto de Polivinila

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>JUSTIFICATIVA</b> .....	<b>12</b>
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>13</b>
3.1	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO .....	13
<b>4</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>14</b>
4.1	GRANDEZAS ELÉTRICAS .....	14
4.1.1	TENSÃO ELÉTRICA .....	14
4.1.2	CORRENTE ELÉTRICA.....	15
4.1.3	POTÊNCIA ELÉTRICA .....	16
4.1.4	RESISTÊNCIA ELÉTRICA .....	17
4.1.5	FREQUÊNCIA.....	18
4.2	CABOS DE LIGAÇÃO.....	19
4.2.1	APARELHOS ELÉTRICOS DE MEDIÇÃO.....	20
4.2.2	BOTONEIRAS.....	24
4.2.3	SINALEIRAS.....	25
4.2.4	DISJUNTORES DE BAIXA TENSÃO .....	28
4.2.4.1	Disjuntores termomagnéticos. ....	29
4.2.4.2	Princípio de funcionamento do disjuntor termomagnético. ....	30
4.2.4.3	Disjuntor diferencial residual. ....	33
4.2.5	CHAVES SECCIONADORAS .....	35
4.2.5.1	Tipos de seccionadores. ....	35
4.2.6	FUSÍVEIS.....	38
4.2.6.1	Fusível rolha. ....	38
4.2.6.2	Fusível cartucho.....	38
4.2.6.3	Fusível diazed. ....	39
4.2.6.4	Fusível neozed. ....	41
4.2.6.5	Fusível silized. ....	41
4.2.6.6	Fusível NH.....	42
4.2.6.7	Dimensionamento do fusível. ....	43
4.2.7	CHAVE DE BOIA.....	43
4.3	CONTADORES.....	46
4.3.1	PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO .....	48
4.3.2	AS CATEGORIAS DE EMPREGO DE CONTADORES .....	48
4.3.3	VANTAGEM DO EMPREGO DOS CONTADORES.....	49
4.3.4	DEFEITOS MAIS COMUNS APRESENTADOS PELOS CONTADORES.....	49
4.3.5	MONTAGEM DOS CONTADORES .....	49

4.4 RELÉ TÉRMICO DE SOBRECARGA .....	51
4.4.1 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO .....	51
4.4.2 ALGUMAS CAUSAS DO DESARMAMENTO DO RELÉ TÉRMICO.....	52
4.4.3 VANTAGENS NA UTILIZAÇÃO DO RELÉ TÉRMICO .....	52
4.4.4 AFERIMENTO DO RELÉ TÉRMICO .....	53
4.5 RELÉ TEMPORIZADOR (RTW RE.01).....	55
4.5.1 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO .....	55
4.6 MOTOR DE INDUÇÃO MONOFÁSICO DE FASE AUXILIAR.....	56
4.6.1 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DO MOTOR MONOFÁSICO (DE FASE AUXILIAR) UTILIZADO NOS EXPERIMENTOS DO LABORATÓRIO.....	57
4.6.2 PRINCIPAIS PARTES DO MOTOR MONOFÁSICO DE FASE AUXILIAR .....	58
4.6.3 FECHAMENTO DO MOTOR MONOFÁSICO DE FASE AUXILIAR .....	59
4.6.4 ENTENDENDO A PLACA DE IDENTIFICAÇÃO DOS VALORES NOMINAIS .....	61
4.7 MOTOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO (MIT) .....	63
4.7.1 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DO MOTOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO (MIT) .....	63
4.7.2 PRINCIPAIS PARTES DO MOTOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO (MIT).....	64
4.7.3 FECHAMENTO DE MOTOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO (MIT).....	65
4.7.4 ENTENDENDO A PLACA DE IDENTIFICAÇÃO DOS VALORES NOMINAIS .....	68
4.8 AUTOTRANSFORMADOR TRIFÁSICO DE PARTIDA.....	70
4.8.1 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DO AUTOTRANSFORMADOR TRIFÁSICO DE PARTIDA.....	72
4.8.2 PARTES CONSTITUINTES DO AUTOTRANSFORMADOR TRIFÁSICO DE PARTIDA. ....	72
4.8.2.1 Entendendo a placa de identificação dos valores nominais.....	74
<b>5 DESENVOLVIMENTO DOS EXPERIMENTOS .....</b>	<b>74</b>
5.1 MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE CHAVE MAGNÉTICA PARA PARTIDA DE MOTOR-BOMBA MONOFÁSICO COM CHAVES DE BÓIAS (COM COMANDO MANUAL E AUTOMÁTICO) .....	74
5.1.1 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO .....	75
5.1.2 APLICAÇÃO .....	76
5.2 MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE CHAVE MAGNÉTICA PARA PARTIDA DE MOTOR-BOMBA TRIFÁSICO COM CHAVES DE BÓIAS (COM COMANDO MANUAL E AUTOMÁTICO) .....	77
5.2.1 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO .....	77
5.2.2 APLICAÇÃO .....	79
5.3 MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE CHAVE MAGNÉTICA PARA PARTIDA DIRETA DE MOTOR TRIFÁSICO.....	79

5.3.1	PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO .....	80
5.3.2	APLICAÇÃO .....	80
5.4	MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE CHAVE MAGNÉTICA PARA PARTIDA DIRETA COM REVERSÃO DE MOTOR TRIFÁSICO.....	80
5.4.1	PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO .....	81
5.4.2	APLICAÇÃO .....	82
5.5	MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE CHAVE MAGNÉTICA PARA PARTIDA ESTRELA-TRIÂNGULO DE MOTOR TRIFÁSICO.....	82
5.5.1	PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO .....	83
5.5.2	APLICAÇÃO .....	84
5.6	MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE CHAVE MAGNÉTICA PARA PARTIDA ESTRELA-TRIÂNGULO COM REVERSÃO DE MOTOR TRIFÁSICO .....	84
5.6.1	PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO .....	85
5.6.2	APLICAÇÃO .....	87
5.7	MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE CHAVE MAGNÉTICA PARA PARTIDA COMPENSADA DE MOTOR TRIFÁSICO.....	87
5.7.1	PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO .....	88
5.7.2	APLICAÇÃO .....	89
5.8	MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE CHAVE MAGNÉTICA PARA PARTIDA COMPENSADA COM REVERSÃO DE MOTOR TRIFÁSICO .....	89
5.8.1	PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO .....	90
5.8.2	APLICAÇÃO .....	92
5.9	MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE CHAVE MAGNÉTICA PARA PARTIDA DIRETA COM REVERSÃO DE MOTOR TRIFÁSICO COM FRENAGEM POR CORRENTE ALTERNADA (CA). .....	92
5.9.1	PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO .....	93
5.9.2	APLICAÇÃO .....	94
5.10	MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE CHAVE MAGNÉTICA PARA PARTIDA COMPENSADA E CONSECUTIVA DE TRÊS (3) MOTORES TRIFÁSICOS .....	95
5.10.1	PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO .....	95
5.10.2	APLICAÇÃO .....	97
<b>6</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>97</b>
6.1	(1º EXPERIMENTO): MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE CHAVE MAGNÉTICA PARA PARTIDA DE MOTOR BOMBA MONOFÁSICA COM CHAVES DE BOIAS (COM COMANDO MANUAL E AUTOMÁTICO) .....	98
6.2	(2º EXPERIMENTO): MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE CHAVE MAGNÉTICA PARA PARTIDA DE MOTOR-BOMBA TRIFÁSICA COM CHAVES DE BOIAS (COM COMANDO MANUAL E AUTOMÁTICO).....	99
6.3	(3º EXPERIMENTO): MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE CHAVE MAGNÉTICA PARA PARTIDA DIRETA DE MOTOR TRIFÁSICO .....	100

6.4 (4 ° EXPERIMENTO): MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE CHAVE MAGNÉTICA PARA PARTIDA DIRETA COM REVERSÃO DE MOTOR TRIFÁSICO .....	101
6.5 (5° EXPERIMENTO): MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE CHAVE MAGNÉTICA PARA PARTIDA ESTRELA-TRIÂNGULO DE MOTOR TRIFÁSICO .....	102
6.6 (6° EXPERIMENTO): MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE CHAVE MAGNÉTICA PARA PARTIDA ESTRELA-TRIÂNGULO COM REVERSÃO DE MOTOR TRIFÁSICO .....	103
6.7 (7° EXPERIMENTO): MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE CHAVE MAGNÉTICA PARA PARTIDA COMPENSADA DE MOTOR TRIFÁSICO .....	104
6.8 (8° EXPERIMENTO) MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE CHAVE MAGNÉTICA PARA PARTIDA COMPENSADA COM REVERSÃO DE MOTOR TRIFÁSICO.....	105
6.9 (9° EXPERIMENTO): MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE CHAVE MAGNÉTICA PARA PARTIDA DIRETA COM REVERSÃO DE MOTOR TRIFÁSICO COM FRENAGEM POR CORRENTE ALTERNADA (CA) .....	106
6.10 (10° EXPERIMENTO): MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE CHAVE MAGNÉTICA PARA PARTIDA COMPENSADA E CONSECUTIVA DE TRÊS (3) MOTORES TRIFÁSICOS .....	108
6.11 MÉTODOS .....	109
<b>7 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>109</b>
7.1 (1° EXPERIMENTO): MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE CHAVE MAGNÉTICA PARA PARTIDA DE MOTOR-BOMBA MONOFÁSICA COM CHAVES DE BOIAS (COM COMANDO MANUAL E AUTOMÁTICO) .....	109
7.2 (2° EXPERIMENTO): MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE CHAVE MAGNÉTICA PARA PARTIDA DE MOTOR-BOMBA TRIFÁSICA COM CHAVES DE BÓIA (COM COMANDO MANUAL E AUTOMÁTICO).....	111
7.3 (3° EXPERIMENTO): MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE CHAVE MAGNÉTICA PARA PARTIDA DIRETA DE MOTOR TRIFÁSICO .....	112
7.4 (4° EXPERIMENTO): MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE CHAVE MAGNÉTICA PARA PARTIDA DIRETA COM REVERSÃO DE MOTOR TRIFÁSICO .....	113
7.5 (5° EXPERIMENTO): MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE CHAVE MAGNÉTICA PARA PARTIDA ESTRELA-TRIÂNGULO DE MOTOR TRIFÁSICO .....	115
7.6 (6° EXPERIMENTO): MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE CHAVE MAGNÉTICA PARA PARTIDA ESTRELA-TRIÂNGULO COM REVERSÃO DE MOTOR TRIFÁSICO .....	117
7.7 (7° EXPERIMENTO): MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE CHAVE MAGNÉTICA PARA PARTIDA COMPENSADA DE MOTOR TRIFÁSICO .....	118
7.8 (8° EXPERIMENTO):MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE CHAVE MAGNÉTICA PARA PARTIDA COMPENSADA COM REVERSÃO DE MOTOR TRIFÁSICO.....	120
7.9 (9° EXPERIMENTO): MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE CHAVE MAGNÉTICA PARA PARTIDA DIRETA COM REVERSÃO DE MOTOR TRIFÁSICO COM FRENAGEM POR CORRENTE ALTERNADA (CA) .....	122
7.10 (10° EXPERIMENTO): MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE CHAVE MAGNÉTICA PARA PARTIDA COMPENSADA E CONSECUTIVA DE TRÊS (3) MOTORES TRIFÁSICOS .....	123

7.11 ANÁLISE ENTRE OS TRÊS MÉTODOS DE PARTIDAS (DIRETA, ESTRELA-TRIÂNGULO E COMPENSADA) .....	125
<b>8 CONCLUSÃO.....</b>	<b>127</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>128</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>130</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo Oliveira Filho et al (2010), o motor elétrico é o equipamento responsável pela transformação da energia elétrica em energia mecânica, sendo, na maioria dos segmentos econômicos rurais e industriais, a principal forma de uso final da energia elétrica. No Brasil, os motores representam mais de 50% do uso final da energia elétrica da indústria. Desde o início de sua utilização, houve redução de seu peso e aumento do seu rendimento, especialmente pela melhoria da tecnologia dos materiais isolantes, dos materiais magnéticos e do projeto como um todo.

Este trabalho consiste em apresentar o funcionamento e as partes integrantes das partidas/acionamentos de motores assíncronos de indução monofásicos e trifásicos (tipo gaiola de esquilo) mais usuais nas indústrias de todo o mundo. Dentre as partidas estão: Montagem e Instalação de Chave Magnética Comandando Motor Bomba Monofásico com Chaves de Boias, Montagem e Instalação de Chave Magnética Comandando Motor Bomba Trifásico com Chaves de Boias, Montagem e Instalação de Chave Magnética para Partida Direta de Motor Trifásico, Montagem e Instalação de Chave Magnética para Partida de Motor Trifásico com Reversão, Montagem e Instalação de Chave Magnética para Partida Estrela Triângulo de Motor Trifásico, Montagem e Instalação de Chave Magnética para Partida Estrela Triângulo com Reversão de Motor Trifásico, Montagem e Instalação de Chave Magnética para Partida Compensada de Motor Trifásico, Montagem e Instalação de Chave Magnética Para Partida Compensada de Motor Trifásico com Reversão, Montagem e Instalação de Chave Magnética para Partida de Motor Trifásico com Frenagem CA (corrente alternada), e por último, Montagem e Instalação de Chave Magnética para Partida Compensada e Consecutiva de 3 Motores Trifásicos. Totalizando 10 acionamentos diferentes.

Os diagramas elétricos apresentados neste trabalho foram projetados no software CAdE SIMU pela facilidade de compreensão, o mesmo se mostrou bastante eficaz na demonstração dos diagramas elétricos.

O rendimento e o fator de potência variam com a carga do motor. As curvas características dos motores indicam os valores típicos de rendimento e de fator de potência em função da carga. Normalmente, a curva característica de rendimento de um motor de indução apresenta valores maiores quando a carga do motor se situa entre 75% e 100% de sua capacidade nominal, enquanto seu fator de potência atinge o valor máximo com 100% a 125% de carregamento nominal. Portanto, com um carregamento abaixo de 75% do nominal, os motores elétricos requerem, proporcionalmente, maior quantidade de energia elétrica para produzir a

mesma energia mecânica. As perdas são mais baixas em motores de alto rendimento (WEG,2000).

Assim, o autor do trabalho visa como objetivo geral analisar de maneira acessível os principais tipos de partidas/acionamentos dos motores assíncronos de indução monofásicos e trifásicos, bem como as suas partes integrantes.

Na montagem dos circuitos como principais dispositivos e equipamentos elétricos tem-se: o motor assíncrono de indução trifásico (tipo gaiola de esquilo) – WEG de potência  $P=kW$  (HP – CV) 0,18 (0,25), autotransformador trifásico de partida – WALTEC de potência  $P=1$  CV (cavalo vapor) e o relé temporizador do tipo: WEG – RTW RE.01 com chaveamento estrela triângulo (WEG, 2000).

E particularmente dentre os acionamentos apresentados, destaca-se: Partida Direta de Motor Trifásico, Partida Compensada de Motor Trifásico e Partida Estrela Triângulo de Motor Trifásico, que são as partidas mais usuais nas indústrias de beneficiamento em geral.

Através dos parâmetros de tensão, corrente, potência e frequência foi possível determinar o método de partida mais eficiente.

## **2 JUSTIFICATIVA**

O profissional da área de engenharia elétrica faz com que o cliente se sinta seguro e confortável na utilização dos motores elétricos.

A nossa pesquisa partida de motores assíncronos de indução utilizando na simulação o software CADE SIMU vem demonstrar que, na comparação das partidas utilizadas podemos chegar à melhoria da qualidade da utilização dos motores.

Assim, a simulação se faz necessário a fim de evidenciar o quanto os ensaios de laboratório nos fazem direcionar a pesquisa para uma solução eficiente.

Dentro dessa engrenagem de partida de motores, o estudo nas três partidas – direta, estrela-triângulo e compensada, nos fazem refletir sobre a importância da pesquisa para utilização nos motores, visando baixo consumo de energia.

Visto que a pesquisa nos reporta para a compreensão da problemática, a questão problema encontrada foi:

Como demonstrar de maneira acessível a melhor eficiência entre os três tipos de partidas/acionamentos dos motores assíncronos de indução trifásicos?

### 3 OBJETIVOS

#### Objetivo Geral

Analisar de maneira acessível os principais tipos de partidas/acionamentos dos motores assíncronos de indução monofásicos e trifásicos, bem como as suas partes integrantes.

#### Objetivos Específicos

- Demonstrar princípio de funcionamento de cada partida através de diagramas elétricos realizados através do software CADe SIMU.
- Evidenciar os parâmetros elétricos de tensão, corrente, potência e frequência que foram essenciais para determinar qual o método de partida mais eficiente.
- Ratificar a importância e eficiência da partida de estrela triângulo de motor trifásico.

#### 3.1 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho está organizado em 8 capítulos.

O capítulo 1 faremos uma introdução ao conteúdo deste trabalho e seus objetivos, fornecendo informações sobre a importância do estudo das partidas de motores de indução.

Os capítulos 2 e 3 descrevemos os objetivos, a justificativa e o problema a ser levantado no estudo.

O capítulo 4 realizaremos o referencial teórico que discursam, investigam e analisam a importância da temática da pesquisa.

O capítulo 5 descrevermos o desenvolvimento dos experimentos.

O capítulo 6 iremos descrever sobre os materiais e métodos utilizados durante a pesquisa.

No capítulo 7 relataremos os resultados e discussões obtidas.

No capítulo 8 apresentaremos a conclusão deste trabalho e algumas sugestões de trabalhos futuros que possam a vir realizados para dar continuidade no mesmo.

## 4 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo aborda-se a parte teórica sobre partidas de motores assíncronos monofásicos e trifásicos (tipo gaiola de esquilo), bem como os componentes dos acionamentos que integram os circuitos. Para isso, no item 4.1 antecipadamente será abordado também alguns conceitos básicos e fundamentais das principais grandezas elétricas: tensão, corrente, potência, resistência e frequência. No item 4.2 trata-se dos cabos de ligação; ao item 4.2.1 aborda-se sobre os aparelhos de medição elétrica, o item 4.2.2 trata-se das botoeiras ou botões de acionamentos, no item 4.2.3 aborda-se sobre as sinaleiras ou sinalizadores, item fundamental na segurança de um circuito, no item 4.2.4 trata-se dos disjuntores, dispositivos de proteção e manobra, no item 4.2.5 trata-se das chaves de comutação do tipo pacco, e por fim nessa primeira parte do capítulo, o item 4.2.6 aborda-se os fusíveis, finalizando até o item 4.8, autotransformador trifásico de partida.

### 4.1 GRANDEZAS ELÉTRICAS

As grandezas elétricas abordadas neste capítulo estão relacionadas com circuitos puramente resistivos ou de corrente contínua, logo adiante, será abordado outros cálculos envolvendo outros tipos de potência.

A saber, o que são grandezas elétricas?

Segundo Charles e Sadiku (2013), grandezas elétricas são todas grandezas que podem ser medidas, ou seja, expressa em uma unidade.

A primeira grandeza elétrica em estudo é a tensão elétrica.

#### 4.1.1 TENSÃO ELÉTRICA

Segundo Charles e Sadiku (2013), é a força que impulsiona os elétrons no condutor. Chamada também de diferença de potencial (d.d.p) ou popularmente é conhecida como voltagem.

Para deslocar um elétron em um condutor a determinado sentido é necessário algum trabalho ou transferência de energia. Esse trabalho é realizado por uma força eletromotriz (FEM)

externa que pode ser representada pela bateria. Essa FEM também é conhecida como tensão ou diferença de potencial.

Tensão ou (diferença de potencial) é a energia necessária para deslocar uma carga unitária através de um elemento, medida em volts (V), nome dado em homenagem ao físico italiano Alessandro Antônio Volta (1745-1827), que inventou a primeira pilha voltaica.

E em muitos livros didáticos a Tensão elétrica é representada pela letra maiúscula: E ou U, ou até mesmo com a letra V, quando se trata de corrente contínua. Neste trabalho, adotou-se a letra maiúscula V, como padrão, quando se tratar de tensão elétrica em corrente contínua (CC).

Corrente e tensão são duas variáveis básicas em circuitos elétricos, donde a primeira abordaremos mais tarde. O termo comum sinal é usado para uma quantidade elétrica como uma corrente ou tensão (ou até mesmo onda eletromagnética) quando estiver transportando informações. Os engenheiros preferem chamá-la de sinais variáveis em vez de funções matemáticas do tempo em razão de sua importância em comunicações e outras disciplinas. Assim como a corrente elétrica, uma tensão constante é denominada CC e é representada por V, enquanto uma tensão que varia com o tempo com uma forma senoidal é chamada de tensão CA e é representada por v. Uma tensão CC é comumente produzida por uma bateria; uma tensão CA é produzida por um gerador elétrico.

As Equações abaixo: (1), (2) e (3), mostra como se calcula a tensão elétrica no circuito.

Na Equação (1), calcula-se a tensão elétrica, de posse da corrente e resistência elétrica.

Na Equação (2), calcula-se a tensão elétrica, de posse da potência e resistência elétrica.

Na Equação (3), calcula-se a tensão elétrica, de posse da potência e corrente elétrica.

$$V = I * R \quad (1)$$

$$V = \sqrt{P * R} \quad (2)$$

$$V = P / I \quad (3)$$

#### 4.1.2 CORRENTE ELÉTRICA

Segundo Charles e Sadiku (2013), é o fluxo de elétrons que atravessa certo material condutor.

Sua grandeza é representada pela letra maiúscula I, e sua unidade de medida é representada pela letra maiúscula A (Ampères), nome dado em homenagem a André-Marie

Ampère (1775-1836), matemático e físico francês, criou as bases da eletrodinâmica. Definiu corrente elétrica e, em meados de 1820, desenvolveu uma maneira de medi-la.

Corrente contínua (CC) é uma corrente que permanece constante ao longo do tempo.

Corrente alternada (CA) é uma corrente que varia com tempo segundo uma forma de onda senoidal

Por convenção, o símbolo  $I$  é usado para representar uma corrente contínua.

Uma corrente que varia com o tempo é conhecida pelo símbolo  $i$ . E uma forma comum de corrente é a corrente senoidal ou corrente alternada (CA).

Neste trabalho é abordado como símbolo de intensidade da corrente elétrica contínua (CC), a letra maiúscula  $I$ .

As equações abaixo (4), (5) e (6) mostra como se calcula a corrente elétrica no circuito.

Na Equação (4), calcula-se a corrente elétrica, de posse da tensão e resistência elétrica.

Na Equação (5), calcula-se a corrente elétrica, de posse da potência e tensão elétrica.

Na Equação (6), calcula-se a corrente elétrica, de posse da potência e resistência elétrica.

$$I = V/R \quad (4)$$

$$I = P/V \quad (5)$$

$$I = \sqrt{P/R} \quad (6)$$

#### 4.1.3 POTÊNCIA ELÉTRICA

Segundo Charles e Sadiku (2013), é a capacidade que os elétrons tem de realizar trabalho em um determinado tempo.

Sua grandeza é representada pela letra maiúscula  $P$ , e sua unidade de medida é representada pela letra maiúscula  $W$  ou  $J/s$  (joule por segundo).

$$1 W=1 J/s$$

As Equações (7), (8) e (9) mostra como se calcula a potência elétrica no circuito.

Na Equação (7), calcula-se a potência elétrica, de posse da tensão e corrente elétrica.

Na Equação (8), calcula-se a potência elétrica, de posse da corrente e resistência elétrica.

Na Equação (9), calcula-se a potência elétrica, de posse da tensão e resistência elétrica.

$$P = V * I \quad (7)$$

$$P = I^2 * R \quad (8)$$

$$P = V^2 / R \quad (9)$$

#### 4.1.4 RESISTÊNCIA ELÉTRICA

Segundo Charles e Sadiku (2013), é a dificuldade encontrada pela corrente elétrica ao atravessar certos materiais.

Sua grandeza é representada pela letra maiúscula R, e sua unidade de medida é representada pela letra grega ( $\Omega$ ), lê-se Ohms; nome dado em homenagem a Georg Simon Ohm (1787-1854), físico alemão, determinou experimentalmente, em 1826, as leis mais básicas relacionadas com tensão e corrente em um resistor.

As Equações (10), (11) e (12) mostra como se calcula a resistência elétrica no circuito.

Na Equação (10), calcula-se a resistência elétrica, de posse da tensão e corrente elétrica.

Na Equação (11), calcula-se a resistência elétrica, de posse da tensão e potência elétrica.

Na Equação (12), calcula-se a resistência elétrica, de posse da potência e corrente elétrica.

$$R = V / I \quad (10)$$

$$R = V^2 / P \quad (11)$$

$$R = P / I^2 \quad (12)$$

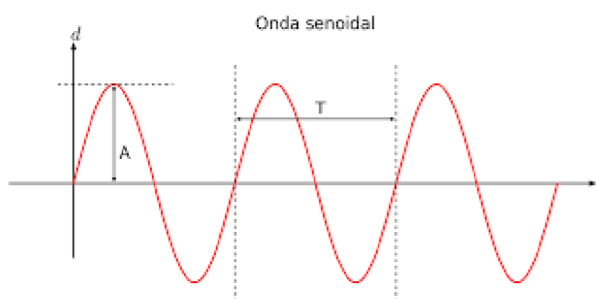
#### 4.1.5 FREQUÊNCIA

A corrente alternada compõe-se de dois meios ciclos. A tensão começa em zero, chega a um valor máximo, volta a zero, torna-se negativa e volta a zero. Esse ciclo completo chama-se hertz (HZ). O número de Hz/s ou ciclos/s equivale a frequência da corrente. Esta mesma frequência pode ser representada por uma senóide como mostra a Figura 1.

Pode-se dizer ainda que frequência é o número de ocorrências de onda completa ou ciclos da corrente alternada em um período de tempo.

Sua grandeza é representada pela letra maiúscula F, e sua unidade de medida é representada por C/s (ciclos por segundo) ou Hz, lê-se Hertz; nome dado em homenagem a Heinrich Hertz (1857-1894) comprovou em 1886 a existência das ondas de rádio. Segundo (BOYLESTARD, 2004).

Figura 1. Senóide ou função senoidal.



Fonte: <https://www.saladaeletrica.com.br>, 2019

Para a frequência são válidas as Equações:  $F = 1/T$  (13)

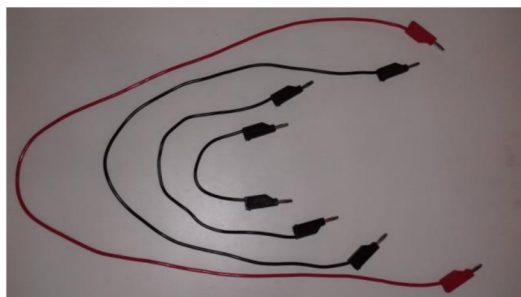
$$T = 1/F \quad (14)$$

Onde F: é a frequência medida em Hz ou C/s (Hertz ou ciclos por segundo) e T: é o período, medido em s (segundos).

## 4.2 CABOS DE LIGAÇÃO

Nos experimentos práticos, foram utilizados cabos de ligação do tipo banana, pela facilidade e agilidade de se fazer as conexões, pois os mesmos permitem ligações por encaixe do pino tipo banana nos bornes das placas dos dispositivos elétricos. Os cabos flexíveis utilizados foram na secção de 1 mm<sup>2</sup> a 1,5 mm<sup>2</sup>, na tensão de 450 V/750 V envoltos. Dando bastante margem de segurança, tendo em vista o nível de tensão elétrica trabalhado no laboratório, neste caso, (220 V trifásico) e correntes não superiores a 5 A. Geralmente esses cabos são os mais usados em comandos elétricos, automação, instrumentação e controle, nas interligações dos dispositivos elétricos. A Figura 2 mostra os cabos de ligação do tipo banana.

Figura 2. Cabos de ligação.



Fonte: Autorial Própria, 2019

Existem diversos tipos de cabos de ligação para comando e automação existentes no mercado, dos mais diversos fabricantes, onde logo a seguir tem-se alguns tipos principais e a sua aplicação.

Os cabos comandos do fabricante (Innovcable), são indicados para circuitos de comandos, sinalização de equipamentos elétricos, cabeamento estruturado, ligação de máquinas, botoeiras, alimentação, sistemas microprocessados, em automação de subestações, usinas geradoras, áreas industriais, químicas e controle de sistemas elétricos em geral. Recomendados para instalações fixas ou móveis (serviços leves).

Os cabos comandos, podem ser fabricados, com ou sem blindagem, quando com blindagem pode ser fabricado em fita eletrostática aluminizada, malha de cobre estanhada ou nu, fita de cobre, fita de aço, malha de aço.

Os cabos comandos até bitola ou secção 1,0 mm<sup>2</sup> possuem a tensão de isolamento de 500 V, de 1,5 a 10,0 mm<sup>2</sup> possuem a tensão de isolamento de 1000 V.

Os cabos comandos, são formados por condutores de cobre eletrolítico nu, encordoado flexível classe 5 de acordo com a NBR NM 280, isolamento em composto termoplástico à base de cloreto de polivinila (PVC/A) 70°C, capa intermediária para blindagem em malha de cobre, blindagem quando solicitado, separador em fita de poliéster, e cobertura em composto termoplástico à base de cloreto de polivinila (PVC/ ST1) na cor preta ou outra cor quando solicitado pelo cliente. Estas características são conforme a NBR 7289. Segundo (MAMED, 2001).

A Figura 3 mostra o cabo comando do tipo Innovcable PVC JB/OB YCY e a Figura 4 mostra o cabo comando do tipo Innovcable Cabo de Controle BTC.

Figura 3. Cabo de Comando/Controle



Fonte: <https://innovcable.com.br/home-page/caboscomandos>, 2019

Figura 4. Cabo de Comando/Controle



Fonte: <https://innovcable.com.br/home-page/caboscomandos>, 2019

#### 4.2.1 APARELHOS ELÉTRICOS DE MEDIÇÃO

Segundo Charles e Sadiku (2013), são instrumentos utilizados para realizarem a leitura ou medida das grandezas elétricas. Para cada grandeza elétrica existe um instrumento de medição específico. Por exemplo, para medir a tensão elétrica emprega-se o voltímetro, e este deve ser ligado em paralelo com o circuito, para medir a intensidade da corrente elétrica, usa-se o amperímetro, e esse deve ser ligado em série com o circuito, para medir a frequência, emprega-se o frequencímetro, esse deve ser ligado em paralelo com a rede elétrica, para se fazer a leitura da potência, emprega-se o Wattímetro, o mesmo deve ser ligado obedecendo os bornes

de corrente e tensão (ligação série para o amperímetro e em paralelo para o voltímetro) e por último, temos o Ohmímetro, esse deve ser ligado com circuito desenergizado ou diretamente sobre o componente que se deseja medir a resistência elétrica.

Deve-se salientar que existe ainda o alicate amperímetro, instrumento destinado a medir várias grandezas como (corrente, tensão, resistência) dentre outras; grandezas tanto CA (corrente alternada) e CC (corrente contínua).

O multímetro é um instrumento elétrico que tem a capacidade de medir as grandezas tanto em CA como em CC; tais como (corrente, tensão, resistência, frequência), dentre outras.

Com avanço da tecnologia, os instrumentos de medição de energia elétrica que antes eram somente do tipo analógico, agora são digitais, que tornam ainda mais precisos os resultados.

O princípio de funcionamento dos aparelhos medidores de energia analógicos; amperímetro, voltímetro e ohmímetro; cada um deles emprega o movimento como base num galvanômetro (aparelho elementar para medição de energia). Esse movimento consiste, basicamente em uma bobina de núcleo de ferro móvel, montada sobre um pivô entre os polos de um ímã permanente. Quando a corrente passa pela bobina, cria um torque que faz o ponteiro sofrer uma deflexão; e seu nível determina a deflexão do ponteiro, que é registrada numa escala associada ao galvanômetro.

As Figuras 5 e 6 mostram respectivamente (Voltímetro de painel e Multímetro Digital).

Figura 5. Voltímetro.



Fonte: Autoria Própria, 2019

Figura 6. Multímetro Digital.



Fonte: Autoria Própria, 2019

É importante salientar que o profissional, ao medir uma grandeza elétrica, a sua magnitude, em hipótese nenhuma deve ser maior do que o valor aferido na escala do instrumento elétrico, ou seja, o valor da grandeza a ser medido deve ser igual ou menor do que o valor aferido na escala do aparelho elétrico de medição. Isto é recomendado, justamente para não danificar o instrumento de medida e não colocar em risco de morte o operador.

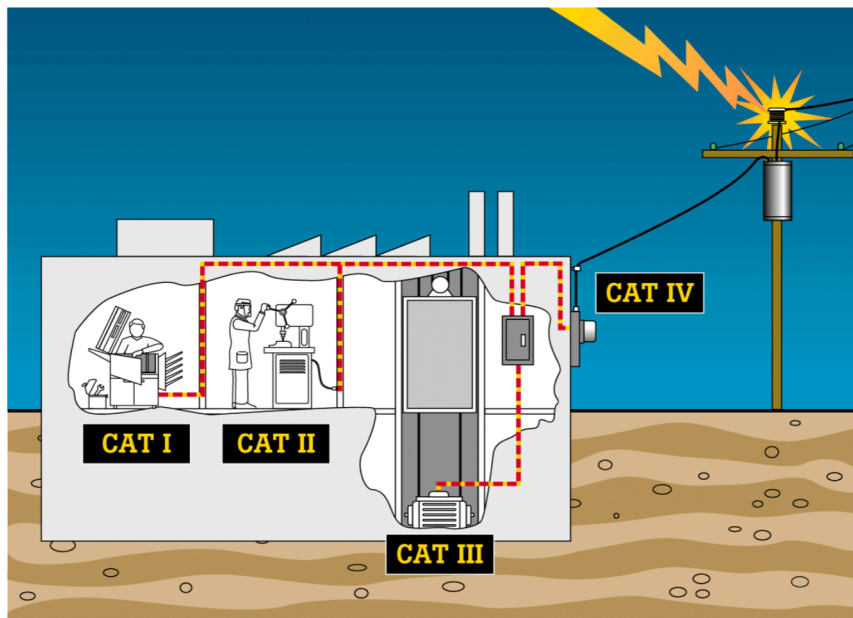
Os multímetros são separados em categorias de aplicação, de acordo com as atividades onde estes são empregados, isso possibilita uma maior proteção e acessibilidade dos profissionais aos aparelhos corretos de modo a garantir a segurança e a saúde do trabalhador, pois de modo que a instalação ao se aproximar da fonte de tensão necessitará de uma categoria maior.

Considerando as categorias, quanto maiores estas forem mais resistentes serão a um possível transiente ou surto da rede elétrica.

Transiente, em engenharia elétrica, é um surto de tensão que ocorre num intervalo de tempo muito pequeno. Segundo (MAMEDE, 2001).

A Figura 7, mostra onde se enquadram os multímetros e as categorias de aplicação.

Figura 7. Categoria de aplicação dos multímetros.



Fonte: <https://www.mundodaeletrica.com.br/categoriasdemultímetros>, 2019

CAT I- Categoria de aplicação dos multímetros.

Circuitos e equipamentos eletrônicos protegidos;

CAT II - Categoria de aplicação dos multímetros.

Aparelhos domésticos, de escritórios, laboratórios e similares;

Tomadas ou pontos de alta tensão com circuitos de ramificação longas;

CAT III - Categoria de aplicação dos multímetros.

Barramentos e linhas de alimentação de plantas industriais;

Painéis de distribuição;

Tomadas ou conectores com conexões curtas em relação à entrada da rede da concessionária;

CAT IV - Categoria de aplicação dos multímetros.

Medidores de eletricidade e equipamentos de proteção de sobrecorrente primário;

Linhas de baixa tensão do poste até a construção;

Linhas aéreas para edifícios isolados, linhas subterrâneas para bombas.

Todos esses instrumentos de medição de energia elétrica são muito úteis nas áreas de engenharia e tecnologia nas indústrias; e são muito empregados por engenheiros, técnicos,

eletricistas e eletrônicos, dentre outros profissionais das mais diversas áreas. Segundo (MAMEDE, 2001).

#### 4.2.2 BOTOEIRAS

Segundo Mamede (2001), as chaves auxiliares tipo botoeira são chaves de comando manual que tem finalidade interromper ou estabelecer momentaneamente, por pulso, um circuito de comando, para iniciar, interromper, ou continuar um processo de automação. Podem ser montadas em caixas para sobreposição ou para montagem em painéis.

Ao longo do seu corpo possuem contatos normalmente fechados (NF) ou contatos abridores, conhecido como contato/acionamento (desliga) ou NC (do inglês, normally closed). Uma característica desses contatos é sua numeração sequencial: 1-2, 11-12, 21-22, 31-32 e assim por diante. Possuem também na extensão do seu corpo, os contatos normalmente abertos (NA) ou contatos fechadores, conhecido como contato/acionamento (liga) ou NO (do inglês, normally open). Uma característica própria desses contatos é sua numeração sequencial: 3-4, 13-14, 23-24, 33-34 e assim por diante.

Esses contatos são recobertos de prata e construídos para elevado número de manobras, aproximadamente 10 milhões de operações.

As botoeiras normalmente são fabricadas para correntes nominais de: 5 A/20 A e tensão nominal de 127 V/250 V e tensão de isolamento ou de ruptura de 4 kV.

Tensão de isolamento: é a tensão elétrica que o dispositivo suporta, sem que suas partes isolantes se tornem condutoras.

As botoeiras ainda podem ser apresentadas do tipo pendente. Nesse caso, sua utilização destina-se ao comando de pontes rolantes, talhas elétricas ou, ainda, máquinas operatrizes em que o operador tem de ligá-las em várias posições diferentes. Elas possuem formato anatômico.

A Figura 8 mostra um chassi da bancada didática do laboratório contendo duas botoeiras com múltiplos contatos; dois contatos normalmente abertos (NA) e dois contatos normalmente fechados (NF) em cada botoeira. Os valores nominais das botoeiras estão relacionados abaixo:

Fabricante: WEG;

Norma americana: IEC/EN 60947-5-1;

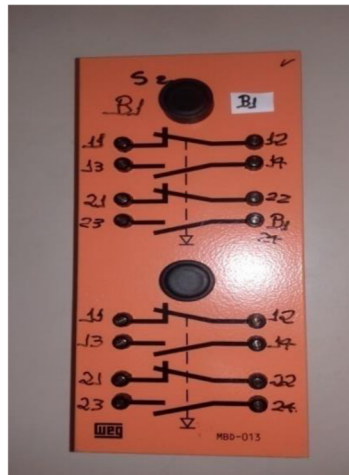
Norma alemã: VDE 0660;

Tensão nominal: AC 15 – DC 13;

Corrente nominal: I th 10 A;

Tensão de ruptura: Uimp 4 kV.

Figura 8. Botões.



Fonte: Autoria Própria, 2019

As botoeiras possuem cores definidas por norma IEC 73 e VDE 0199 de acordo com sua função, vermelho: parar, desligar ou botão de emergência; amarelo: iniciar um retorno, elimina uma condição perigosa; verde ou preto: ligar, partida; azul ou branco: qualquer função diferente das anteriores.







Quanto a instalação, devem estar dispostas com espaçamento correto e padrão e o botão “desliga”, deve ficar sobre o botão “liga” na posição vertical. Na posição horizontal, o botão “desliga” geralmente está à direita do botão “liga”.

A Tabela 1 mostra as cores padronizadas das botoeiras de acordo com suas funções específicas, segundo as normas internacionais.

#### 4.2.3 SINALEIRAS

Segundo Mamede (2001), as sinaleiras são dispositivos elétricos dotados de corpo isolante, geralmente para uma tensão nominal de 127 V/250 V e corrente nominal de 10 A/20 A (corrente alternada). Possuem conexões elétricas internas, permitindo o uso de lâmpadas rosqueável (tipo foquite), ou lâmpadas de encaixe tipo (base baioneta). Geralmente essas lâmpadas são para tensão de 127 V/220V (CA) ou tensão de 12 V/48 V (CC), dentre outros valores; podendo ser resistivas ou do tipo led (do inglês: Light Emitting Diode), significa, (Diodo Emissor de Luz).

Tabela 1. Cores padronizadas das botoeiras segundo normas: IEC 73 e VDE 0199.

Cores	Significado	Aplicações Típicas
 Vermelho	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Parar, desligar.</li> <li>● Emergência.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Parada de um ou mais motores.</li> <li>● Parada de unidades de uma máquina.</li> <li>● Parada de ciclo de operação.</li> <li>● Parada em caso de emergência.</li> <li>● Desligar em caso de sobreaquecimento perigoso.</li> </ul>
 Verde ou  Preto	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Partir, ligar, pulsar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Partida de um ou mais motores.</li> <li>● Partir unidades de uma máquina.</li> <li>● Operação por pulsos.</li> <li>● Energizar circuitos de comando.</li> </ul>
 Amarelo	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Intervenção.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Retrocesso.</li> <li>● Interromper condições anormais.</li> </ul>
 Azul ou  Branco	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Qualquer função, exceto as acima.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Reset de relés térmicos.</li> <li>● Comando de funções auxiliares que não tenham correlação direta com o ciclo de operação da máquina.</li> </ul>

Fonte: <https://www.saladaeletrica.com.br/as-6-principais-cores-de-botoeiras-e-sinaleiros>, 2019

Normalmente as sinaleiras possuem um visor de lentes coloridas, de acordo com as funções a desempenhar. Por exemplo: vermelho: condição anormal (intervenção de segurança na máquina); amarelo: atenção ou cuidado (temperatura superior); verde: máquina pronta para trabalhar (alerta que pode operar e todas as condições de início estão normais); branco ou incolor: tensão em operação normal (indicação de funcionamento de alguma fase de processo da máquina) e azul: se aplica quando existe algo diferente de todas as condições acima.

As sinaleiras estão presentes nos painéis de comando e automação e são dispositivos indispensáveis no controle e segurança de uma máquina operatriz. Estas sinaleiras podem indicar uma funcionalidade normal ou anormal do equipamento ou mesmo indicar que esse está parado.

Portanto, conhecer as cores padrões das sinaleiras são itens fundamentais à todos que estão diretamente ou indiretamente ligados no processo de produção fabril.

A Tabela 2 abaixo mostra de forma ordenada as cores padrões das sinaleiras de acordo com as suas funções.

A Figura 9 mostra o chassi contendo três sinaleiras brancas, utilizadas nos experimentos do laboratório. Os valores nominais das sinaleiras estão descritos abaixo:

Fabricante: WEG;

Tensão nominal: 220 – 240 V AC

Norma americana: IEC/EM 60947-5-1;

Base – tensão da lâmpada- potência: BA9s 130 V 2 W;

Norma alemã: VDE 0660;

Tensão de Ruptura: Uimp 4 kV.

Tabela2. Cores padrões das sinaleiras.

SINALEIROS		
Cor	Condição de Operação	Exemplos de Aplicação
Vermelho	Condição anormal	Indicação que a máquina está paralisada por atuação de um dispositivo de proteção. Aviso para a paralisação da máquina devido a sobrecarga, por exemplo.
Amarelo	Atenção ou cuidado	O valor de uma grandeza (corrente, temperatura) aproxima-se de seu valor-limite
Verde	Máquina pronta para operar	Partida normal: todos os dispositivos auxiliares funcionam e estão prontos para operar. A pressão hidráulica ou a tensão estão nos valores especificados. O ciclo de operação está concluído e a máquina está pronta para operar novamente
Branco (Incolor)	Circuito sob tensão em operação normal	Circuitos sob tensão, chave principal na posição LIGA. Escolha da velocidade ou do sentido de rotação. Acionamentos individuais e dispositivos auxiliares estão operando. Máquina em movimento
Azul	Tods as funções para as quais não se aplicam as cores acima	

Fonte: <https://www.saladaeletrica.com.br/as-6-principais-cores-de-botoeiras-e-sinaleiros>, 2019

Figura 9. Sinaleiras



Fonte: Autoria Própria, 2019

#### 4.2.4 DISJUNTORES DE BAIXA TENSÃO

Segundo Mamede (2001), o disjuntor é um dispositivo de proteção e manobra para o circuito elétrico. Os disjuntores de baixa tensão mais comuns em instalações elétricas são aqueles utilizados nos circuitos de alimentação de motores. Esses disjuntores, que também se prestam para outros tipos de cargas em baixa tensão (BT), possuem capacidade de curto circuito suficiente para ligar ou desligar a carga sob condições normais ou anormais.

As correntes de sobrecarga são caracterizadas pelos seguintes fatos:

Provocam, no circuito, correntes superiores à corrente nominal (até  $10 \cdot I_n$ );

Provocam solicitações dos equipamentos acima de suas capacidades nominais.

As sobrecargas são extremamente prejudiciais ao sistema elétrico, produzindo efeitos térmicos destrutivos aos circuitos.

As correntes de curto-circuito são provenientes de falhas ou defeitos graves das instalações, tais como:

Falha ou rompimento da isolação entre fase e terra;

Falha ou rompimento da isolação entre fase e neutro;

Falha ou rompimento da isolação entre fases distintas.

As correntes de curto-circuito se caracterizam por possuir valores extremamente elevados, da ordem de 1000 a 10000 % da corrente nominal do circuito.

Tem-se três características dos disjuntores que são muito importantes:

Seu número de polos:

Monopolares ou unipolares: protegem somente uma única fase;

Bipolares: protegem, simultaneamente, duas fases;

Tripolares: protegem, simultaneamente, três fases.

Tensão de operação:

Baixa tensão (tensão nominal até 1000 V).

Corrente de interrupção admissível:

Corrente estipulada (vulgarmente designada por calibre): valor para o qual o disjuntor não atua; correntes estipuladas: 6 – 10 - 16 – 20 – 25 – 32 – 40 – 50 – 63 – 80 – 100 – 125 A;

Corrente convencional de não funcionamento: valor para o qual o disjuntor não deve funcionar durante o tempo convencional;

Corrente convencional de funcionamento: valor para qual o disjuntor deve funcionar antes de terminar o tempo convencional;

Poder de corte: corrente máxima de curto-circuito que o disjuntor é capaz de interromper sem se danificar. Os poderes de corte estipulados normalmente são: 1,5 – 3 – 4,5 – 6 – 10 kA.

Exemplo:

Calibre ( $I_n$ ) - Corrente nominal de não funcionamento ( $I_{nf}$ ) - Corrente convencional de funcionamento - Poder de corte ( $P_{dc}$ ):

16 A      18 A ( $1,13 \cdot I_n$ )    23 A ( $1,45 \cdot I_n$ )      6 kA

#### VALORES NOMINAIS

No corpo do disjuntor devem apresentar, de modo bem legível, as seguintes informações:

Nome ou marca do fabricante;

Modelo do fabricante, ou número de catálogo;

Corrente nominal do disjuntor em A;

Tensão nominal em V – (CA);

Frequência nominal;

Capacidade de interrupção em curto-circuito (simétrico valor eficaz) referida as tensões nominais (kA);

Número da norma usada;

Mês/ano e lote de fabricação.

#### 4.2.4.1 Disjuntores termomagnéticos.

Os disjuntores são normalmente usados para proteção e manobra de circuitos de distribuição e terminais, montados em quadro de distribuição padronizados. Neste caso, são montados em caixas moldadas e podem ser unipolares, bipolares e tripolares, geralmente com acionamento manual e, se forem equipados com disparadores térmicos e eletromagnéticos, são chamados de disjuntores eletromagnéticos.

Os disjuntores termomagnéticos são dispositivos que garante, simultaneamente, a manobra e a proteção contra correntes de sobrecarga e contra correntes de curto-circuito. Desse modo, os disjuntores cumprem três funções básicas:

Abrir e fechar os circuitos (manobra);

Proteger os condutores e os aparelhos contra sobrecarga, através de seu dispositivo térmico;

Proteger os condutores contra curto-circuito, através de seu dispositivo magnético.

As fórmulas mostram como se calcula a corrente nominal do disjuntor em quadro de distribuição (QD) de PVC ou metálico, respectivamente. Segundo (MAMEDE, 2001).

$$i_D = i_n \cdot 100 / 80 \quad (15)$$

$$i_D = i_n \cdot 100 / 70 \quad (16)$$

Onde  $i_n$  é: corrente nominal do circuito e  $i_D$ : é corrente nominal do disjuntor.

#### 4.2.4.2 Princípio de funcionamento do disjuntor termomagnético.

Deve-se observar que existe dois modos de atuação de um disjuntor: a atuação térmica, em caso de ocorrência de sobrecarga, e atuação magnética, em caso de ocorrência de curto-circuito.

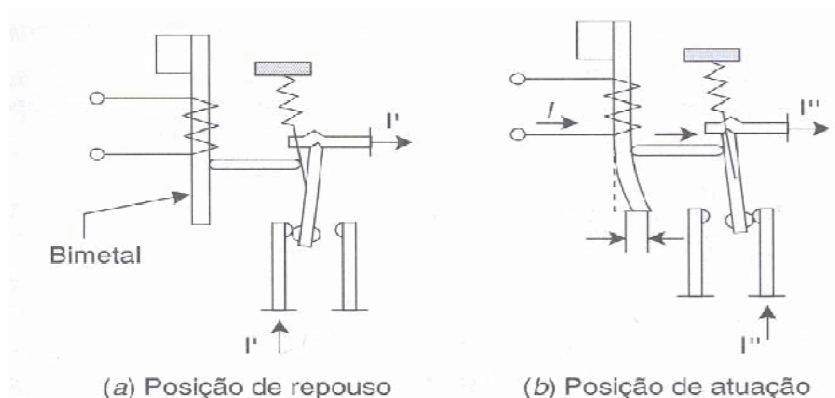
##### Operação Térmica:

Os disparos térmicos operam baseados no princípio dos pares termoelétricos, isto é, nas diferentes dilatações que apresentam os metais quando submetidos a uma variação de temperatura.

Duas lâminas de metais diferentes são ligadas através de soldaduras a pressão ou eletroliticamente. Estas lâminas dilatam diferentemente quando aquecidas, fazendo com que o conjunto se curve e produz desta forma o fechamento de um contato que, por sua vez, provoca a abertura do disjuntor. Segundo (KOSOV, 1989).

A Figura 10 ilustra o princípio de funcionamento do disparador bimetálico.

Figura 10. Princípio de Funcionamento do Disparador Bimetálico



Fonte: <https://www.legrand.com.br/blog/noticias/referencias/disjuntores-esses-incompreendidos>, 2019

Os disparadores térmicos, que nos disjuntores, normalmente, são percorridos pela corrente de carga do circuito, devem operar a partir de uma corrente de operação, referida a uma temperatura de calibração. Para temperaturas ambientes superiores à de calibração, o disjuntor pode atuar com valores de corrente inferiores à de operação previamente fixadas.

Alguns disparadores térmicos possuem uma faixa de corrente de ajuste sendo a calibração realizada atuando-se sobre o alongamento ou a curvatura das lâminas.

#### Operação Magnética:

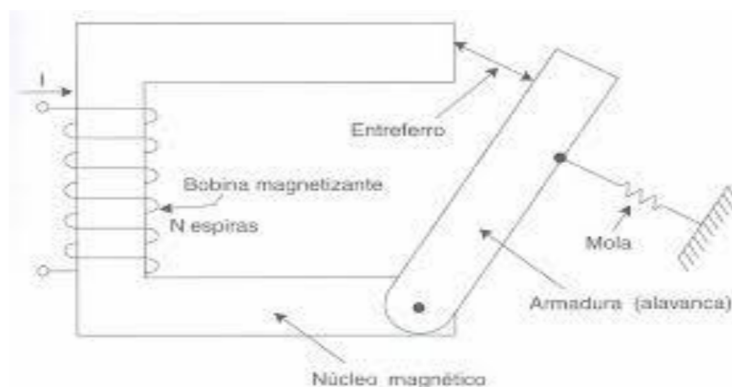
A armadura é tensionada através de uma mola, de tal forma que apenas acima de um valor definido de corrente, chamada de corrente de operação, é vencida a inércia da armadura e a tensão da mola. A armadura, é então, atraída pelo núcleo, promovendo, através de conexões mecânicas, a abertura do disjuntor.

A força necessária para equilibrar a ação da mola é proporcional ao quadrado da força magnetomotriz do circuito magnético,  $NxI$ , sendo  $N$  o número de espiras da bobina e  $I$  a corrente de operação do disparador (que circula pelo circuito protegido e pela bobina). Dessa forma, qualquer corrente de valor superior a  $I$  provoca a atuação do dispositivo.

A corrente de operação pode ter um valor único fixado ou pode ser variável numa faixa de corrente de ajuste, o que é obtido através da variação do entreferro ou da variação da mola. Segundo (KOSOV, 1989).

A Figura 11 mostra o princípio de funcionamento do disparador eletromagnético.

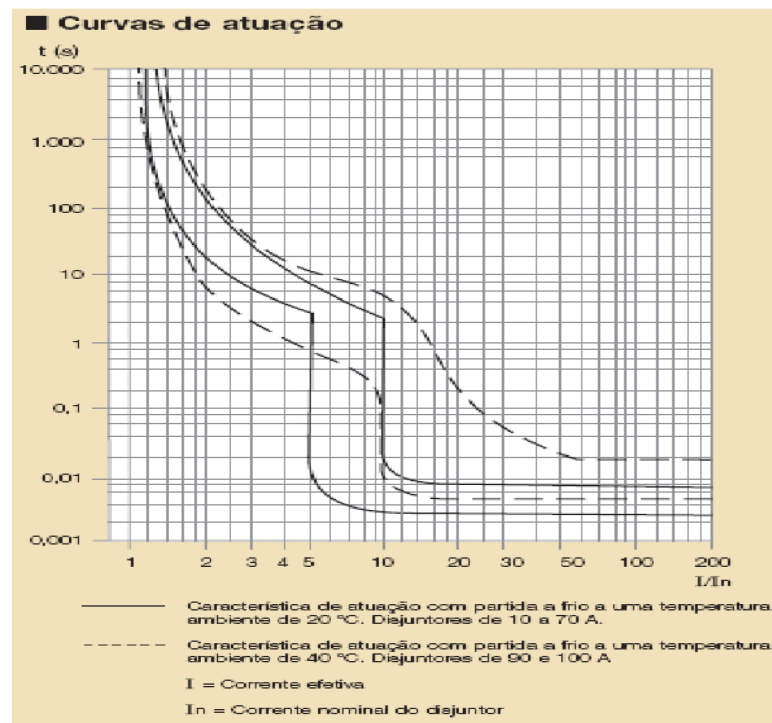
Figura 11. Princípio de Funcionamento do Disparador Eletromagnético



Fonte: <https://www.legrand.com.br/blog/noticias/referencias/disjuntores-esses-incompreendidos>, 2019.

A curva tempo versus corrente do disjuntor eletromagnético é mostrada na Figura 12. A corrente normalizada em função da corrente nominal do disjuntor é colocada no eixo horizontal (x), enquanto o tempo de atuação é marcado no eixo (y). Desta forma, para cada sobrecorrente que circula pelo disjuntor se tem um tempo de atuação correspondente. Traçando o gráfico do tempo de atuação versus a corrente devem-se encontrar curvas que estejam dentro dos limites fornecidos pelo fabricante. Pode-se, assim, determinar se o disjuntor está operando adequadamente ou não. Segundo (KOSOV, 1989).

Figura 12. Curva tempo versus corrente típica do disjuntor eletromagnético



Fonte: <https://www.saladaeletrica.com.br/disjuntores>, 2019.

A Figura 13, mostra as curvas de disparo B e C, do mini disjuntor eletromagnético MBW.

Os disjuntores termomagnéticos são largamente utilizados nos quadros de distribuição em residências, comércios, e também nos painéis das fábricas; visando proteger o circuito de um modo geral contra possíveis sobrecargas e curto-circuito. Segundo (MAMEDE, 2001).

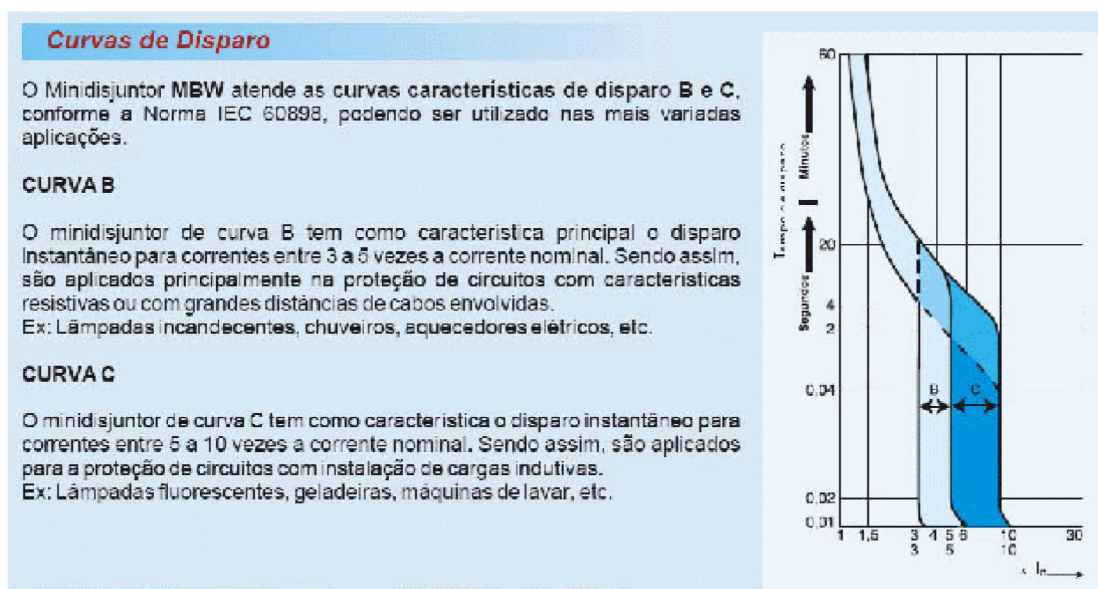
A Figura 14 mostra os disjuntores termomagnéticos monopolar, bipolar e tripolar.

A Figura 15 mostra o disjuntor termomagnético tripolar utilizado nos experimentos do laboratório. (modelo WEG MBW C2, tensão nominal: 230/400 V CA).

#### 4.2.4.3 Disjuntor diferencial residual.

Nestes disjuntores a corrente diferencial-residual, abreviadamente disjuntores DR, constituem-se no meio mais eficaz de proteção das pessoas (e dos animais domésticos) contra choques elétricos, sendo largamente utilizados hoje em quase todos os países do mundo. São o único meio “ativo” de proteção contra contatos diretos e, na grande maioria dos casos, o meio mais adequado para proteção para contatos indiretos. Por outro lado, podem exercer proteção contra incêndios e também constituir-se em vigilantes da qualidade da instalação.

Figura 13. Curvas de disparo B e C do minidisjuntor MBW.



Fonte: <https://www.saladaeletrica.com.br/disjuntores>, 2019.

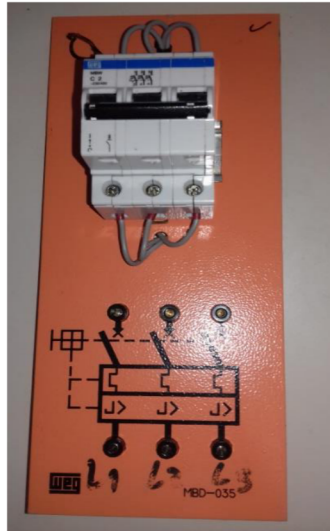
Figura 14. Disjuntores termomagnéticos: monopolar, bipolar e tripolar



Fonte: <https://eletriccasind.wixsite.com/eletricidademoderna/single-post/2016/06/05/DTM-Disjuntores-TermoMagnético>, 2019.

O dispositivo DR detecta a soma fasorial das correntes que percorrem os condutores vivos de um círculo em um determinado ponto do circuito, isto é, a corrente diferencial-residual (IDR) no ponto considerado, provoca a interrupção do circuito quando IDR ultrapassa um valor preestabelecido, chamado corrente diferencial-residual nominal de atuação ( $I_n$ ).

Figura 15. Disjuntor Termomagnético Tripolar



Fonte: Autoria Própria, 2019.

Os seguintes circuitos devem ser objeto de proteção adicional por dispositivos DR de alta sensibilidade (corrente diferencial residual de 30 mA):

Circuitos que sirvam pontos de utilização situados em locais contendo banheira ou chuveiro;

Circuitos que alimentam tomadas de corrente situadas em áreas internas que possam vir a alimentar equipamentos no exterior;

Circuitos residenciais que sirvam pontos de utilização situados em cozinhas, copas-cozinhas, lavanderias, áreas de serviço, garagens e, no geral, em áreas internas molhadas em uso normal ou sujeitas a lavagens.

O disjuntor diferencial-residual é um componente de instalação que secciona a alimentação da carga ou circuito quando a corrente diferencial-residual ultrapassa um determinado valor. Segundo (MAMEDE, 2001).

A Figura 16 mostra os disjuntores diferencial-residual bipolar e tetrapolar.

Figura 16. Disjuntores diferencial-residual bipolar e tetrapolar.



Fonte: <https://athoselectronics.com/dispositivo-dr-como-funciona>, 2019.

#### 4.2.5 CHAVES SECCIONADORAS

##### Seccionador

Segundo (SENAI, 1980), é um dispositivo mecânico que, por razões de segurança, assegura na posição aberta uma distância de isolamento que satisfaz condições específicas. Serve para fechar e abrir o circuito, quando é desprezível a corrente que está sendo ligada ou interrompida.

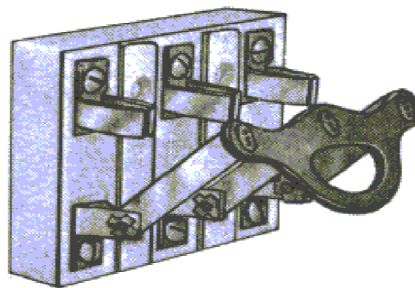
##### 4.2.5.1 Tipos de seccionadores.

##### Chave-faca:

Segundo Nilsson e Susan (2008), é o seccionador do tipo mais simples, normalmente dotado de peças de contato de cobre, onde a peça móvel de contato encaixa em um contato fixo. Sua base pode ser de mármore ou ardósia.

As chaves-facas não possuem mecanismo de fechamento ou abertura rápida dos contatos, nem câmara de extinção de arco. Por esses motivos, destinam-se, em princípio, à abertura de sistemas elétricos sem corrente, ou com corrente de pequena intensidade; são, portanto, indicadas para operar em circuitos quando sem carga. Seu emprego é frequente com disjuntor ou fusível, uma vez que ambos são reunidos geralmente por um envoltório que não permite a verificação visual da interrupção interna. Portanto, nesse caso se recomenda intercalar um seccionador, que é aberto com o circuito desligado, antes da troca do fusível ou reparação de um circuito, mantendo-se assim maior segurança contra contatos acidentais do operador. A Figura 17 mostra uma chave seccionadora tipo faca.

Figura 17. Chave Seccionadora Tipo Faca



Fonte: <https://www.sabereletrica.com.br>, 2019.

#### Seccionador Fusível:

Este tipo de seccionador se compõe do dispositivo de comando propriamente dito, que é igual à chave-faca, e de um conjunto de fusíveis, um por polo normalmente associado à própria parte móvel da chave. A Figura 18 mostra esse tipo de seccionador.

Os seccionadores fusíveis são bastante práticos, pois associam em um só elemento a função de comando sem carga, com a de proteção contra curto-circuito, e a própria condição de abertura prévia do sistema antes da troca do fusível é feita manualmente, no ato da abertura do seccionador para a troca do fusível queimado.

Os seccionadores não possuem mecanismo de desligamento rápido (mola) atuando sobre os seus contatos. A velocidade de abertura depende exclusivamente do operador (sendo essa a causa principal da indefinição da capacidade de ruptura). Ao se abrirem os contatos por onde circule corrente de uma certa intensidade (circuito com carga) com velocidade baixa, o meio gasoso que se interpõe entre os contatos, vai-se ionizando sucessivamente, criando um caminho de baixa resistência elétrica por onde se desenvolve o arco voltaico. Este, persistindo, permite o fluxo corrente pelo circuito, mesmo com as facas abertas, provocando a fusão dos contatos vaporizando-os sobre forte explosão. Segundo (MAMEDE, 2001).

Figura 18. Seccionador Fusível



Fonte: <https://www.saladaeletrica.com.br/fusivel>, 2019.

### Chave Seccionadora Rotativa Tipo (Pacco):

As chaves seccionadoras tipo (Pacco) de acionamento manual têm as mais diferentes finalidades de aplicação, como por exemplo: partida de motores, comandos elétricos, circuitos de medição, fornos elétricos, máquinas em geral, etc. A construção dessas chaves obedece ao sistema de montagem modular, sendo o elemento básico a cela (câmara) de contato, que é montada em maior ou menor quantidade, em um eixo comum de acordo com o esquema elétrico.

Cada uma das celas pode ser equipada com dois contatos independentes e de dupla interrupção. Esses contatos são fabricados com pastilhas de cobre + prata + cádmio. O acionamento dos contatos é obtido através de excêntricos (comes) montados sobre o eixo. As celas dos contatos são fabricadas em material sintético de alta qualidade dielétrica, retardante à chama, alta resistência mecânica, boa resistência ao arco elétrico, etc. As chaves ainda podem ser equipadas com diversos acessórios opcionais, e podem ser fornecidas com ângulos de 30°, 45°, 60°, 90° e múltiplos. Logo abaixo, tem-se algumas características eletromecânicas desse tipo de chave.

Classificação das chaves: C3 (regime intermitente), conforme norma VDE-0660;

Isolamento: 600 volts;

Corrente nominal: 16 A a 100 A;

Vida útil mecânica: são previstas cinco milhões de manobras com frequências de 60 operações por hora com carga nominal de acordo com categoria AC-1 (interrupção de cargas como: motor de gaiola de pequeno porte e resistências), onde a interrupção do circuito se torna fácil. Segundo (MAMEDE, 2001).

A Figura 19 mostra a chave seccionadora rotativa (tipo pacco) usada nos experimentos do laboratório.

Figura 19. Chave Seccionadora (Tipo Pacco).



Fonte: Autoria Própria, 2019.

## 4.2.6 FUSÍVEIS

Segundo Mamede Filho (2001), os fusíveis são dispositivos usados com objetivo de limitar a corrente de um circuito, proporcionando sua interrupção em casos de curtos-circuitos ou sobrecargas de longa duração. Não são muito adequados contra sobrecargas. Para tais casos devem ser usados disjuntores.

Existem vários tipos de fusíveis, cada qual apropriado a uma ou mais aplicações. Logo abaixo, tem-se alguns tipos de fusíveis e suas aplicações.

### 4.2.6.1 Fusível rolha.

O fusível tipo rolha é atualmente pouco usado, mas, já foi muito utilizado antigamente. Geralmente é usado em conjunto com um tipo de chave-faca. O mesmo é constituído de: corpo em porcelana, contato em latão, visor, protetor (lente) transparente; para valores nominais de corrente e tensão, respectivamente (30 A-250 VCA). A Figura 20 mostra os fusíveis do tipo rolha. Segundo (MAMEDE FILHO, 2001).

Figura 20. Fusíveis tipo rolha.



Fonte: <https://www.saladaeletrica.com.br/fusivel>, 2019.

### 4.2.6.2 Fusível cartucho.

Esse tipo de fusível é produzido colocando-se o elemento fusível no interior de um cilindro de vidro ou acrílico, papel ou material sintético. Os fusíveis de vidro são utilizados em circuitos de baixa potência e circuitos eletrônicos, onde o vidro transparente possibilita uma análise visual do estado do fusível sem a retirada do mesmo do circuito. Existe ainda os fusíveis

de cartucho que usam corpo cilíndrico feito em papelão ou material sintético. Para esses tipos de fusíveis, não há a possibilidade de visualização do elo fusível; quando da sua queima, sendo necessário fazer-se o teste elétrico ou de continuidade para avaliar a integridade do mesmo. Esses fusíveis são usados até potências médias e; em alguns tipos, é colocada uma areia especial (de quartzo) no interior do fusível, com finalidade de diminuir o arco elétrico e evitar danos no invólucro isolante do fusível. Quanto aos contatos elétricos com a base; esses fusíveis podem ser de contatos do tipo virola (cilíndrico) ou contatos do tipo faca. Estes fusíveis são na faixa de corrente nominal de 0,1 a 30 A; e tensão nominal de 250 V CA. A Figura 21 mostra o fusível do tipo cartucho. Segundo (MAMEDE FILHO, 2001).

Figura 21. Fusíveis tipo cartucho.



Fonte: <https://www.saladaeletrica.com.br/fusivel>, 2019.

#### 4.2.6.3 Fusível diazed.

Os fusíveis do tipo diazed são produzidos em material cerâmico, seu formato lembra uma garrafinha e são utilizados na proteção de curto-circuito em instalações elétricas residenciais, comerciais e industriais e que, quando normalmente instalados, permitem o seu manuseio sem riscos de toque acidental. O suporte do fusível é instalado no suporte apropriado, de modo que fique visível ao operador um sinalizador de queima, que é expelido quando o fusível abre. Esse sinalizador apresenta cores indicadoras do valor de corrente do referido fusível. Alguns contêm areia especial no interior para diminuir o efeito do arco elétrico criado na abertura. Possuem categoria de utilização gL/gG em três tamanhos (D1, D2 e D3), atendem as correntes nominais de 2 A a 100 A e possuem elevada capacidade de interrupção; até 20 A – 100 kA – 25 a 63 A – 70 kA – 80 a 100 A – 50 kA em até 500 V CA. Através de parafusos de ajuste, impedem a mudança para valores superiores, preservando as especificações do projeto. Permitem a fixação por engate rápido sobre trilho ou parafusos.

A segurança diazed é composta por: base, tampa, parafuso de ajuste, anel de proteção e o fusível propriamente dito. E quanto a padronização das cores de acordo com as correntes nominais dos mesmos, tem-se: rosa – 2 A, marrom – 4 A, verde – 6 A, vermelho – 10 A, cinza – 16 A, azul – 20 A, amarelo – 25 A, preto – 35 A, branco – 50 A e laranja – 63 A. Segundo (MAMEDE, 2001).

A Figura 22 mostra três bases unipolares tipo diazed montada em um chassi, utilizadas nos experimentos do laboratório.

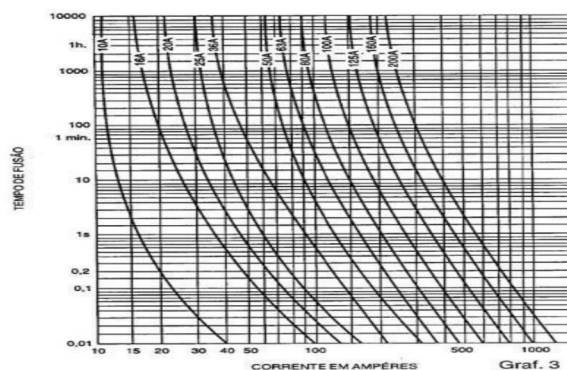
Figura 22. Fusíveis tipo diazed



Fonte: Autorial Própria, 2019.

Figura 23 mostra o gráfico que relaciona o tempo fusão-corrente para fusíveis do tipo diazed de ação rápida.

Figura 23. Gráfico tempo fusão-corrente do fusível diazed.



Fonte: <https://www.sabereletrica.com.br>, 2019.

Exemplo de leitura do gráfico:

Um fusível rápido de 10 A não se funde com a corrente de 10 A, pois a reta vertical correspondente a 10 A não cruza a curva correspondente. Enquanto que, com uma corrente de 20 A, o fusível se fundirá em 0,2 segundos. Segundo (MAMEDE FILHO, 2001).

#### 4.2.6.4 Fusível neozed.

Os fusíveis do tipo neozed possuem tamanho reduzido e são aplicados na proteção de curto-circuito em instalações típicas residenciais, comerciais e industriais. É um fusível de ação rápida ou normal, destinado a proteger cargas puramente resistivas, tais como: chuveiro elétrico, estufas, circuitos de lâmpadas incandescentes, dentre outros. Possuem categoria de utilização gL/gG, em dois tamanhos (D01 e D02), atendendo as correntes nominais de 2 A a 63 A. Limitadores de correntes são aplicados para até 50 kA em 400 V CA. A sua forma construtiva (assemelha-se ao fusível cartucho), garante total proteção de toque acidental quando de sua montagem ou substituição. Segundo (MAMEDE FILHO, 2001). A Figura 24 mostra o fusível do tipo neozed.

Figura 24. Fusível tipo neozed.



Fonte: <https://www.saladaeletrica.com.br/fusivel>, 2019.

#### 4.2.6.5 Fusível silized.

Os fusíveis do tipo silized são fusíveis de ação ultra-rápida, sua utilização é para proteção contra curto-circuito, nos circuitos puramente eletrônicos, transistorizados, ou seja, circuitos que não suportam variações de corrente, exemplos: circuitos contendo diodos e circuitos transistorizados de máquinas operatrizes, dentre outros. Sua forma construtiva é semelhante ao fusível diazed, possui categoria de utilização gR, em três tamanhos, atendem as

correntes nominais de 16 A a 100 A. Limitadores de corrente possuem uma elevada capacidade de interrupção: 50 kA até 500 V CA. Segundo (MAMEDE FILHO, 2001). A Figura 25 mostra o fusível do tipo silized.

Figura 25. Fusível tipo silized.



Fonte: <https://www.saladaeletrica.com.br/fusivel>, 2019.

#### 4.2.6.6 Fusível NH.

A nomenclatura “NH” vem do alemão “Niederspannungs Hochleistungs”, que o “N” significa, baixa tensão e o “H” significa, alta capacidade de ruptura.

Os fusíveis do tipo NH são construídos colocando-se o elemento fusível no interior de um corpo de cerâmica em formato de paralelepípedo, com lâminas de material condutor (contatos ou “facas”) dispostas longitudinalmente, possuindo também um indicador de abertura do fusível. Esses fusíveis são usados na proteção de sobrecorrentes de curto-circuito e sobrecargas em instalações industriais, onde geralmente prevalecem as cargas indutivas (motores). Possuem várias categorias de utilização e tamanhos e atendem correntes nominais de 6 A a 1250 A. Limitadores de corrente têm elevada capacidade de interrupção que chega a 120 kA em até 500 V CA. Os punhos (saca fusíveis NH) garantem manuseio seguro na montagem ou substituição dos fusíveis. Segundo (MAMEDE FILHO, 2001). A Figura 26 mostra esse tipo de fusível.

Figura 26. Fusível tipo NH.



Fonte: <https://www.saladaeletrica.com.br/fusivel>, 2019

#### 4.2.6.7 Dimensionamento do fusível.

Para dimensionar um fusível, deve-se usar a seguinte fórmula:

$$I_n = I_{rb} * k \quad (17)$$

Onde,  $I_n$  – corrente nominal do fusível,  $I_{rb}$  – corrente nominal do rotor bloqueado do motor,  $k$  – constante do motor, que varia de 0,3 a 0,5; dependendo da corrente do rotor bloqueado do motor. Segundo (MAMEDE FILHO, 2001).

#### 4.2.7 CHAVE DE BOIA

##### Aplicação

Segundo SENAI (1980), o controlador de nível para líquidos (tipo chave de boia) é um dispositivo que tem a função de acionar ou desacionar uma bomba elétrica permitindo o enchimento ou evitando o transbordamento de reservatório de líquidos em geral. Esse tipo de chave não utiliza mercúrio, pois o controle é feito por princípio eletromecânico; possui contato reversível, o que permite controlar tanto o nível superior quanto o nível inferior. Podendo ser usado apenas como sinalizador, indicando se o reservatório está cheio ou vazio, através do acionamento de um sinalizador visual ou sonoro. Além de fazer a proteção da bomba, evitando que ela trabalhe em vazio. As chaves de boias podem ser utilizadas ainda em centrais de água gelada, máquina de lavar louças, centrais de tratamento de água e esgoto, controle de cisterna, caixa d'água em condomínio, etc. A mesma tem aplicação em ambiente: residencial, comercial e industrial.

##### Vantagens

Isenta de mercúrio: controle por princípio eletromecânico.

Contato reversível: permite o controle de nível inferior ou superior.

Fácil instalação.

##### Especificações técnicas

Fabricante: Margirius

Grau de proteção: IP X8 (submersível).

Proteção contra choques elétricos: classe II.

Material: boia em polipropileno – PP.

Temperatura máxima: 60 °C.

Tipo de interrupção: micro – desconexão.

Capacidade elétrica: família CB-2000 - 15 A – 3/4 de CV/HP em 127 V – 1 CV/HP em 220 V.

Capacidade elétrica: família CB-3000 – 25 A – 1 CV/HP em 127 V – 2 CV/HP em 220 V.

### Recomendações

Assegurar-se que a potência do dispositivo a ser controlado é compatível com a capacidade elétrica da boia. No caso de motores de capacidade acima da especificação ou trifásicos, é necessária a utilização de um contator ou dispositivo de comando similar.

As instalações elétricas devem estar de acordo com a NBR-5410 (Instalações elétricas de baixa tensão).

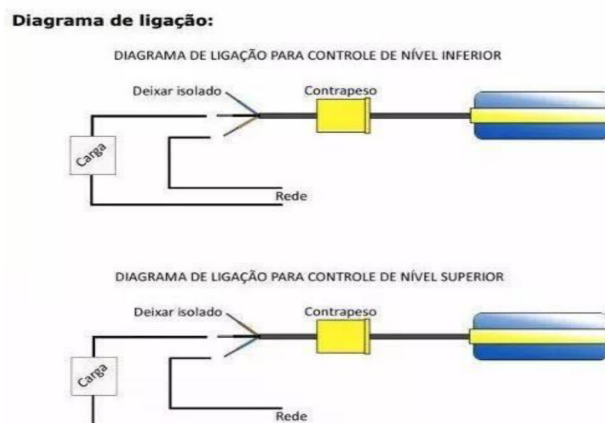
Recomenda-se a utilização de contatores providos de proteção (fusíveis, relés térmicos, etc.).

Não devem ser feitas emendas no cabo de alimentação, que eventualmente possam entrar em contato com o líquido existente no reservatório.

O controle de nível não é indicado para uso em líquidos inflamáveis ou corrosivos.

A Figura 27 mostra as ligações da chave de boia.

Figura 27. Diagrama de ligações da chave de boia.



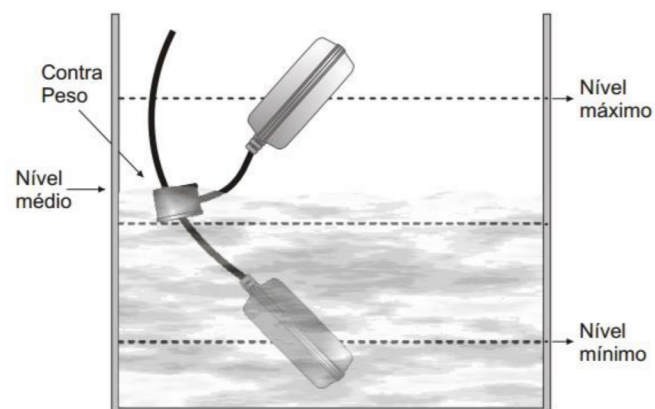
Segundo SENAI, (1980) a montagem e ajustes iniciais é estabelecida conforme descrição abaixo:

- 1) Para o controle de nível em reservatório inferior (desliga-se o limite inferior) utiliza-se o fio preto em conjunto com o marrom. Para o controle de nível em reservatório superior (desliga-se o limite superior) utiliza-se o fio preto em conjunto com o azul.
- 2) Encher o reservatório até o nível máximo desejado. Para evitar eventual transbordamento, deve-se manter uma margem de segurança na borda do tanque.
- 3) Mantendo o nível do líquido, descer a boia no reservatório (pelo cabo) até que ocorra a comutação da chave. Este ponto determina o nível máximo.
- 4) Esvaziar gradualmente o reservatório, até que a chave seja novamente acionada. Este ponto determina o nível mínimo.
- 5) Caso seja necessário ajustar o nível mínimo, deve-se utilizar o contrapeso.
- 6) Para diminuir o nível mínimo, o contrapeso deve ser gradualmente afastado da boia. Para aumentar o nível mínimo, o contrapeso deve ser gradualmente aproximado da boia.
- 7) Repetir os passos 3 e 4 até definir o ajuste ideal. Em seguida, fixar o cabo na parte superior do reservatório.

A Figura 28 mostra a chave de boia funcionando dentro da caixa d'água, sobre atuação do contra peso.

Figura 28. Atuação da chave de boia e do contra peso.

#### UTILIZAÇÃO



Fonte: <https://riocontrol.com.br/cp/controladores-de-nivel-para-liquidos>, 2019.

Nos experimentos do laboratório foi utilizado uma chave seletora de duas posições (interruptor paralelo), em substituição à chave de boia; mas com a mesma função dos seus contatos internos reversíveis; simulando dessa forma, os contatos da chave de boia superior e inferior. A Figura 29 mostra este tipo de chave.

Figura 29. Interruptores paralelos.



Fonte: Autoria Própria, 2019.

### 4.3 CONTADORES

Segundo SENAI (1980), são dispositivos de manobra mecânica, acionados eletromagneticamente, construídos para uma elevada frequência de operação, e cujo arco é extinto no ar, sem afetar o seu funcionamento. Os contadores são utilizados para acionamento de máquinas e motores levando segurança e comodidade no manuseio dos equipamentos que possam levar riscos a integridade do profissional. O contator é dimensionado de acordo com a potência da (carga); e este pode ser utilizado individualmente, acoplado a relés de sobrecorrente, na proteção contra sobrecarga. Quando o contator é montado em conjunto com o relé térmico de sobrecarga, o mesmo é chamado de (chave magnética). Há certos tipos de contadores com capacidade de estabelecer e interromper correntes de curto-circuito. Basicamente existe

contatores para motores e contatores auxiliares. Os primeiros servem para acionar máquinas operatrizes e o segundo são utilizados para comando de um circuito elétrico auxiliar. Ambos possuem bastante semelhança na sua forma construtiva.

Os contatores quanto a sua forma construtiva são dotados de: corpo isolante, núcleos (móvel e fixo), contatos principais ou de força, contatos auxiliares ou de comando, câmara de extinção do arco voltaico, bobina e mola.

Corpo isolante: é toda a estrutura (carcaça) isolante, com alta capacidade de ruptura, onde este irá suportar (conter) todas as outras peças do contator.

Núcleos (móvel e fixo): são construídos de ferro silício, lâminas sobrepostas e isoladas umas das outras. Normalmente de formato tipo “E”.

Contatos principais: são contatos destinados a conduzir a corrente de força do circuito principal, corrente esta que irá alimentar um motor, por exemplo. Os contatos principais são barras de cobre altamente condutoras e tem uma película de prata que reveste esses contatos, afim de diminuir a resistência elétrica de contato. Os contatos principais são identificados como NA (normalmente abertos), cujo a numeração é entrada: 1, 3, 5 e saídas: 2, 4, 6 ou entradas: L1, L2, L3 e saídas: T1, T2, T3.

Contatos auxiliares: Os contatos auxiliares ou de comando, são formados por barras de cobre altamente condutoras, por onde circula uma corrente elétrica de ordem reduzida (corrente de comando ou da bobina). Estes contatos são do tipo NA (normalmente abertos) ou “NO” do inglês (normally open), chamados também de contatos fechadores, com uma sequência de numeração, 13 – 14, 23 – 24 e assim por diante. Possuem contatos do tipo NF (normalmente fechados) ou “NC” do inglês (normally closed), chamados também de contatos abridores, com uma sequência de numeração, 11 – 12, 21 – 22, e assim sucessivamente.

Câmara de extinção do arco voltaico: a câmara de extinção tem a função de extinguir qualquer formação de arco voltaico, originários do fechamento e abertura dos contatos principais do contator. Na sua formação, possui lâminas de ligas condutoras dispostas a uma mesma distância, de forma paralelas.

Bobina: é um enrolamento de cobre, que cria um campo eletromagnético quando alimentada através dos terminais A1 e A2, e em função disso, promove o deslocamento do núcleo ferromagnético. As bobinas dos contatores são fabricadas para CA e CC, em várias tensões: 12/24/48/110/220 V em CA, sendo a mais comum 220 V em CA.

Mola: a mola é responsável em colocar os contatores na posição de repouso, assim que a bobina for desconectada da fonte de energia. Nesta condição a força exercida pelo campo sobre o

núcleo se torna menor que a força da mola, fazendo as partes do núcleo se afastar (SENAI, 1980).

#### 4.3.1 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

A bobina eletromagnética quando alimentada por um circuito elétrico forma um campo magnético que, concentrando-se no núcleo fixo, atrai o núcleo móvel. Como os contatos móveis estão acoplados mecanicamente com núcleo móvel, o deslocamento deste último no sentido do núcleo fixo, desloca consigo os contatos móveis. Quando o núcleo móvel se aproxima do fixo, os contatos móveis também devem se aproximar dos fixos, de tal forma que, no fim do curso do núcleo móvel, estejam em contato e sob pressão suficiente, as peças fixas e móveis do sistema de comando elétrico (SENAI, 1980).

#### 4.3.2 AS CATEGORIAS DE EMPREGO DE CONTADORES

As categorias de emprego para contadores em corrente alternada, segundo IEC 947 – 4, fixam os valores de corrente que o contator deve estabelecer ou interromper. Elas podem:

- da natureza do receptor controlado: motor de gaiola ou de anéis, resistências.
- das condições nas quais se efetuam os fechamentos e as aberturas: motor em regime ou bloqueio ou em partida, inversão do sentido de rotação, frenagem por contracorrente.

AC1: Aplica-se a todos os aparelhos de utilização em corrente alternada (receptores), cujo fator de potência é no mínimo igual a 0,95 (cosseno – phi maior e igual a 0,95). A interrupção se torna fácil.

AC2: Refere-se a 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.

AC3: É relativa aos motores de gaiola cujo desligamento é efetuado com o motor em regime. No fechamento do 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 polos é da ordem de 20% da tensão da rede. A interrupção torna-se fácil. Exemplos de utilização: todos os motores gaiolos normais,

elevadores, escadas rolantes, correias transportadoras, elevadores de canecas, compressores, bombas, misturadores, condicionadores de ar, etc.

AC4: Manobras pesadas, aciona motores a plena carga, comando intermitente, 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 nominal, 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, trefila, pontes rolantes, tornos, etc. (SENAI,1980).

#### 4.3.3 VANTAGEM DO EMPREGO DOS CONTADORES

- Baixo consumo de energia;
- Comando à distância;
- Número de manobras elevado (de 10 a 20 milhões);
- Vida mecânica elevada;
- Pequeno espaço para montagem;
- Garantia de contato imediato;
- Tensão de operação de 0,85 a 1,10 da tensão nominal prevista para o contator.

#### 4.3.4 DEFEITOS MAIS COMUNS APRESENTADOS PELOS CONTADORES

- Sobreaquecimento da bobina magnética;
- Queima ou interrupção intermitente da bobina;
- Sobreaquecimento dos contatos;
- Isolamento deficiente;
- Desgaste excessivo dos contatos;
- Defeitos mecânicos
- Anel de retardamento interrompido.

#### 4.3.5 MONTAGEM DOS CONTADORES

Os contadores devem ser montados de preferência verticalmente em local que não esteja sujeito a trepidação. É permitida em geral, uma inclinação mínima do plano de montagem de  $22,5^\circ$  em relação à vertical, o que permite sua instalação em navios. Na instalação de contadores

abertos, o espaço livre em frente à câmara de extinção deve ser de no mínimo 45 mm (SENAI, 1980).

A Figura 30 mostra um contator de força tripolar.

Figura 30. Contator de força tripolar

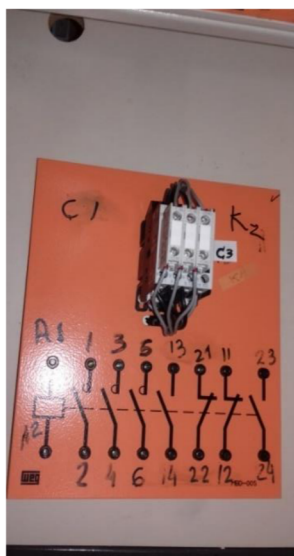


Fonte: <https://www.mundodaeletrica.com.br/os-contatores-o-que-sao>, 2019.

As características elétricas do contator utilizado nos experimentos do laboratório (normas internacionais aplicáveis; IEC/EN 60947; VDE 0660; corrente nominal: 25 A, tensão de isolamento: 1000 V; categoria de aplicação: AC3; tensão nominal: de 220 V a 660 V; potência kW/HP de 3/10).

A Figura 31 mostra o contator de força tripolar utilizado nos experimentos do laboratório.

Figura 31. Contator de força tripolar.



Fonte: Autorial Própria, 2019.

## 4.4 RELÉ TÉRMICO DE SOBRECARGA

O relé térmico de sobrecarga é um dispositivo de proteção de sobrecarga de corrente e falta de fase. Geralmente usado em motores elétricos. Uma das principais funções do relé térmico é proteger o motor de sobreaquecimento através da sobrecorrente. O relé térmico é usado como proteção do motor elétrico, contra sobreaquecimentos provocados por sobrecarga de corrente prolongadas. Também é usado para proteção dos condutores de alimentação e dos dispositivos de manobra. O relé térmico deve ser compatível com os contadores do sistema e com a carga a proteger (SENAI, 1980).

### 4.4.1 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

O relé térmico funciona pelo princípio da deformação de uma lâmina bimetálica. Quando esta lâmina é percorrida por uma corrente elétrica maior do que a corrente que foi aferida para o relé, as lâminas se deformam diferentemente nos dois metais, desarmando o interruptor do relé térmico; este atua sobre um sistema mecânico desarmando o circuito elétrico e protegendo a carga, condutores e os demais dispositivos do circuito.

Na sua forma construtiva, o relé térmico de sobrecarga é composto basicamente de: carcaça, contatos principais ou de força, contatos auxiliares ou de comando. Os contatos auxiliares são divididos em: contato fechado ou interruptor do relé térmico (95 e 96), contato aberto (97 e 98); e contato do tipo comutador em alguns tipos de relé.

Carcaça:

A carcaça do relé térmico de sobrecarga é feita de material altamente isolante, com alta capacidade de ruptura, a mesma serve de suportar todas as outras peças do relé térmico.

Contatos principais:

Os contatos principais recebem as três fases para alimentação da carga e quando acionadas, conduzem sua corrente nominal. Esses contatos são identificados como entrada de alimentação (linha): 1, 3, 5 ou L1, L2, L3; e como saída (carga): 2, 4, 6 ou T1, T2, T3.

Contatos auxiliares:

Os contatos auxiliares protegem o circuito de comando do motor trifásico e o circuito de lógica do motor.

Interruptor do relé térmico:

O interruptor do relé térmico ou contato fechado (95 e 96) é usado para evitar que o operador fique tentando acionar o motor após o desligamento pelo relé. Geralmente o mesmo é associado próximo ao botão de emergência da máquina ou equipamento.

Contato aberto (97 e 98):

O contato aberto (97 e 98) é utilizado para sinalizar a ocorrência de algum tipo de problema. Esta sinalização pode ser visual, sonora ou os dois (audiovisual); feita por uma lâmpada ou sirene, sinalizando que o relé térmico está acionado, e existe um problema, um defeito no circuito.

Contato tipo comutador:

O contato tipo comutador é usado da mesma forma que os outros contatos (aberto e fechado), porém com apenas uma entrada (alimentação) (SENAI, 1980).

#### 4.4.2 ALGUMAS CAUSAS DO DESARMAMENTO DO RELÉ TÉRMICO

Travamento do rotor;

Curto-circuito entre bobinas (enrolamento interno);

Curto-circuito entre bobina e carcaça do motor;

Aumento de corrente além da corrente nominal do motor elétrico.

#### 4.4.3 VANTAGENS NA UTILIZAÇÃO DO RELÉ TÉRMICO

O relé térmico de sobrecarga compensa automaticamente as mudanças de temperatura ambiente, porque o seu funcionamento depende da temperatura dos seus elementos térmicos;

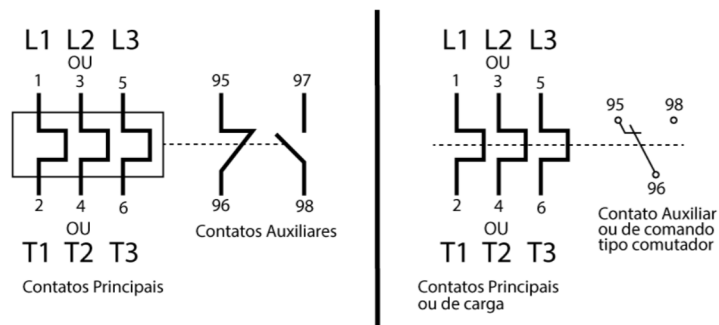
O circuito de comando pode ser testado;

O relé térmico pode ser ajustado, dentro de determinada faixa de corrente de acordo com a necessidade;

O relé térmico tem um certo tempo de resposta, evitando assim, que o mesmo seja acionado durante a partida do motor, onde o pico da corrente é maior (SENAI, 1980).

A Figura 32 mostra a simbologia do relé térmico de sobrecarga empregada nos diagramas elétricos.

Figura 32. Simbologia do relé térmico de sobrecarga.



Fonte: <https://www.saladaeletrica.com.br/rele-termico>, 2019.

#### 4.4.4 AFERIMENTO DO RELÉ TÉRMICO

Assim como a grande maioria dos dispositivos elétricos de proteção, o relé térmico de sobrecarga também necessita de ajuste específico de acordo com cada tipo de carga (motor), por exemplo, em que esse relé irá proteger.

Para o ajuste do relé térmico de sobrecarga, utiliza-se da fórmula abaixo:

$$i_a = i_n * F_s \quad (18)$$

Onde  $i_a$  – é a corrente de ajuste do relé,  $i_n$  – é a corrente nominal do motor,  $F_s$  – fator de serviço (reserva de potência do motor) que é obtido na placa de valores nominais do motor, quando não disponível, adota-se o valor unitário (1,0).

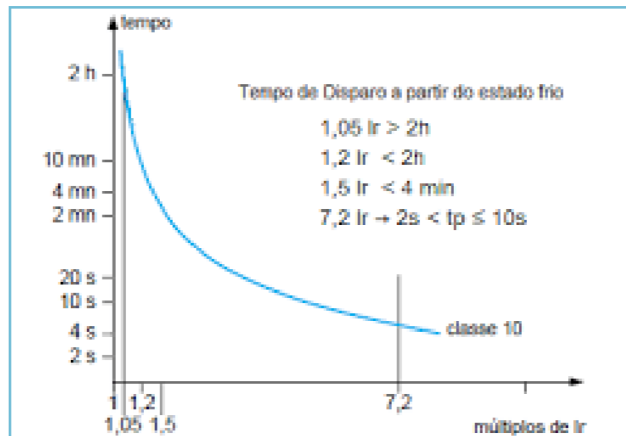
O fator de serviço são valores da ordem de: 1,10; 1,15; 1,20; 1,25; 1,30, etc. Dependendo de cada tipo de motor.

Existem classes de disparo, tornando assim possível o melhor dimensionamento do relé térmico, de acordo com o tempo de partida do motor (SENAI, 1980).

A Figura 33 mostra a categoria do relé térmico versus tempo de disparo a partir do estado frio.

Figura 33. Curva do relé térmico versus tempo de disparo.

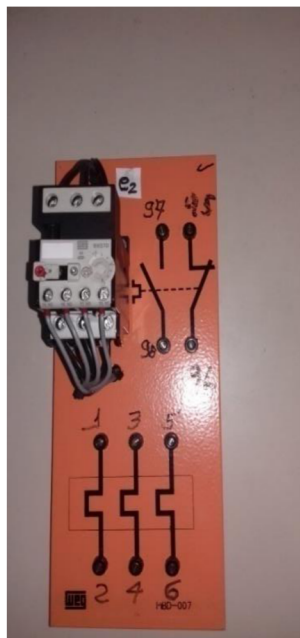
Curva de disparo do relé térmico - classe 10  
 $t_p$  = tempo de partida do motor inferior a 10s



Fonte: <https://www.saladaeletrica.com.br/rele-termico>, 2019.

A Figura 34 mostra o relé térmico de sobrecarga utilizado nos experimentos do laboratório. (Modelo WEG RW27D; ajuste de corrente: 1,2 a 1,8 A; normas aplicáveis: IEC/EN 60947; VDE 0660, com tensão de isolamento de 690 V).

Figura 34. Relé térmico de sobrecarga.



Fonte/: Autoria Própria, 2019.

#### 4.5 RELÉ TEMPORIZADOR (RTW RE.01)

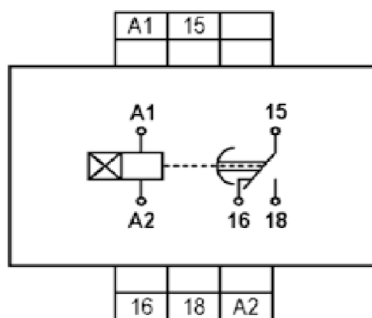
Segundo Mamede (2001), o relé temporizador (RTW RE.01) é um dispositivo eletrônico que permite, em função de tempos ajustados, comutar um sinal de saída de acordo com sua função. Muito utilizado em automação de máquinas e processos industriais como partida de motores, quadros de comando, fornos industriais, injetoras, entre outras. Também pode ser utilizado em aplicações residenciais e comerciais. Este relé possui eletrônica digital que proporciona elevada precisão, repetibilidade e imunidade a ruídos; projetado de acordo com as normas internacionais (IEC/EN 60947 e IEC/EN 61812-1). O (RTW) constitui uma solução compacta e segura, em caixas com 22,5 mm de largura para montagem em trilho DIN 35 mm; nas configurações com 1 ou 2 saídas NA/NF, e alimentado em 220 – 240 V, na frequência de 50/60 Hz ou 24 V CC. O mesmo possui o tempo de ajuste de (6 s a 60 s) e uma tensão de isolamento de (300 V envoltos).

##### 4.5.1 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

Quando o relé temporizador (RTW RE.01) é energizado, por exemplo, com 220 V CA, através de sua bobina A1 e A2, nesse momento o contato normalmente fechado (NF 15-16) permanece na mesma posição. Passado o tempo pré-ajustado, o contato (NF 15-16) muda de posição, comutando o seu contato de (NF 15-16) para o contato normalmente aberto (NA 15-18), e permanece nessa posição até o fim do processo; ou seja, até que o circuito de comando seja desenergizado. Segundo (MAMEDE FILHO, 2001).

A Figura 35 mostra a simbologia desse tipo de relé temporizador nos diagramas elétricos.

Figura 35. Relé temporizador RTW RE 0.1 (simbologia).



Fonte: <https://capitalrefrig.com.br/rele-temporizador-weg-rtw01-u300se40->

A Figura 36 mostra o relé temporizador WEG, (RTW RE.01), utilizado nos experimentos do laboratório.

Figura 36. Relé temporizador WEG (RTW RE 0.1).



Fonte: Autoria Própria, 2019.

#### 4.6 MOTOR DE INDUÇÃO MONOFÁSICO DE FASE AUXILIAR

Segundo Fitzgerald e Kingsley (2006), os motores elétricos são máquinas destinadas a transformar energia elétrica em energia mecânica.

Os motores de indução monofásicos encontram sua aplicação em locais onde não se dispõe de alimentação trifásica. Ex: residências, escritórios, oficinas e zonas rurais; em maquinários como: bombas d'água, máquinas de cortar grama, esmeril, máquina de bater açaí, etc.

Os motores monofásicos diferem dos trifásicos por terem somente uma fase de alimentação, não possuindo o campo girante dos motores trifásicos, mas um campo magnético pulsante, fato responsável pela ausência de torque para partida dos motores monofásicos.

Afim de solucionar o problema da partida utilizam-se enrolamentos auxiliares, que são dimensionados e posicionados de forma a criar uma segunda fase fictícia permitindo a formação do campo girante necessário para a partida.

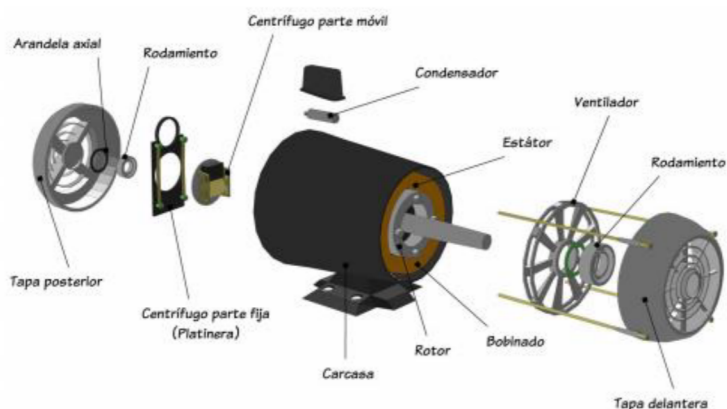
Os motores monofásicos são equipados com rotor do tipo gaiola, que se destacam pela robustez, confiabilidade e longa vida sem necessidade de manutenção.

#### 4.6.1 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DO MOTOR MONOFÁSICO (DE FASE AUXILIAR) UTILIZADO NOS EXPERIMENTOS DO LABORATÓRIO.

Ao energizar-se o motor monofásico de fase auxiliar, cria-se um campo eletromagnético nas bobinas principais desse motor, e também nas bobinas auxiliares (onde está acoplado o circuito do capacitor e interruptor centrífugo). O campo criado é defasado de  $90^\circ$  graus elétricos através do capacitor, e estando nesse momento fechado o interruptor centrífugo, o motor parte (sai da inércia), pela atração, repulsão e defasagem dos campos eletromagnéticos formados nos enrolamentos desse motor. Quando o motor alcançar aproximadamente 70% de sua velocidade síncrona nominal, o interruptor centrífugo abre, retirando a bobina auxiliar do circuito – (para que esta não queime) –ficando apenas as bobinas principais durante o trabalho do motor. E quando esse motor é desligado, e sua velocidade cair à 70%; ocorre o inverso, o interruptor centrífugo volta a fechar, colocando novamente a bobina auxiliar no circuito, permitindo dessa forma, uma nova energização (partida do motor) (FITZGERALD E KINGSLEY, 2006).

A Figura 37 mostra a vista expandida de um motor monofásico (de fase auxiliar), semelhante ao utilizados nos experimentos do laboratório.

Figura 37. Vista expandida do motor monofásico de fase auxiliar.



Fonte: <https://eletricasenai2011.blogspot.com/2011/06/vista-expandida-de-motor-monofasico.html>, 2019.

#### 4.6.2 PRINCIPAIS PARTES DO MOTOR MONOFÁSICO DE FASE AUXILIAR

As principais partes do motor monofásico de fase auxiliar são: carcaça, estator, induzido ou rotor gaiola, enrolamento principal, enrolamento auxiliar, interruptor centrífugo, tampa dianteira, tampa traseira, ventilador, rolamentos, capacitor e anilha axial.

**Carcaça:** geralmente construída de ferro fundido, serve para conter (abrigar) todas as outras partes do motor.

**Estator:** formada de chapas de silício, prensadas e isoladas uma a uma; formando um único pacote que é fixado sob pressão na carcaça. No estator contém as ranhuras, onde receberam os enrolamentos de cobre (bobinas). As bobinas são isoladas do estator através de um material isolante, chamado poliéster.

**Induzido ou rotor gaiola:** o induzido é a parte girante do motor, nos motores com rotor do tipo gaiola de esquilo, o rotor é formado por barras de cobre (bobinas), que são prensadas, formando um único pacote, onde são soldadas, curto-circuitadas, em ângulo nas ranhuras do rotor e no seu comprimento, essas barras se alongam, formando uma espécie de gaiola(ventilador); servindo dessa forma, para ventilação interna do motor.

**Enrolamento principal:** são bobinas formadas de cobre, geralmente de fio magnético esmaltado de maior bitola (seção) em relação a bobina auxiliar; é responsável pela formação do campo eletromagnético principal para a partida do motor.

**Enrolamento auxiliar:** são bobinas formadas de cobre, geralmente de fio magnético esmaltado de menor bitola (seção) em relação a bobina principal; é responsável pela formação do campo eletromagnético auxiliar para a partida do motor.

**Interruptor centrífugo:** É um tipo de interruptor especial, formado de uma parte fixa (na tampa traseira) e outra móvel (no rotor). Este opera através da força centrífuga; quando o motor alcança 70% de sua rotação, a força centrífuga que age na parte móvel do interruptor é maior do que a força das molas, então o interruptor abre o contato, retirando a bobina auxiliar do circuito, evitando a sua queima; tendo em vista que a mesma é de fio magnético mais fino e menos resistente que a bobina principal.

**Tampa dianteira:** serve para fechar a parte dianteira do motor, através dos parafusos tirantes, evita a entrada de elementos estranhos no interior do motor; e também condiciona o rolamento dianteiro, permitindo o giro do induzido.

**Tampa traseira:** serve para fechar a parte traseira do motor, através dos parafusos tirantes, evita a entrada de elementos estranhos no interior do motor, e também condiciona o rolamento traseiro, permitindo o giro do induzido.

Ventilador: serve para refrigerar o motor, principalmente os enrolamentos; mantendo este na temperatura normal de trabalho.

Rolamentos: conjunto circular, geralmente de ferro fundido e aço; possui uma sede, onde fica acondicionado as esferas de aço. Os rolamentos propriamente dito são responsáveis direto pelo giro do rotor do motor.

Capacitor: elemento do circuito auxiliar responsável por proporcionar a defasagem elétrica dos campos eletromagnéticos, permitindo a partida do motor.

Anilha axial: está pequena peça serve para assegurar maior fixação dos rolamentos no eixo do rotor (FITZGERALD E KINGSLEY, 2006).

#### 4.6.3 FECHAMENTO DO MOTOR MONOFÁSICO DE FASE AUXILIAR

Normalmente os motores monofásicos funcionam para duas tensões 110 V e 220 V CA. Porém existe algumas particularidades quanto as suas ligações (fechamentos).

Os motores monofásicos de 2 terminais funcionam em uma única tensão, seja 110 V ou 220 V CA; já vem definido na placa de identificação de valores nominais, para qual tensão este motor deverá funcionar; bem como o seu sentido de giro; se horário ou anti-horário.

Os motores monofásicos de 4 terminais funcionam para duas tensões; ou seja, existe uma ligação para cada tensão, seja 110 V ou 220 V CA. Para 110 V, liga-se a alimentação (L1 em 1 e 2) e (L2 em 3 e 4). Para 220 V, liga-se a alimentação (L1 em 1) e (L2 em 4) e mantêm-se os terminais (2 e 3) fechados e isolados. Nos motores monofásicos de 4 terminais normalmente já vem definido o sentido de giro do motor, na placa de identificação de valores nominais.

Os motores monofásicos de 6 terminais funcionam para duas tensões, ou seja, existe uma ligação para cada tensão; seja 110 V ou 220 V CA. Para 110 V, liga-se a alimentação (L1 em 1, 2, 5) e (L2 em 3, 4, 6); e para inverter a rotação do motor em 110 V, basta inverter os terminais 5, pelo terminal 6 do motor. Para 220 V, liga-se a alimentação (L1 em 1, 5) e (L2 em 4) e mantêm-se os terminais (2, 3, 6) fechados e isolados; e para inverter a rotação do motor em 220 V, liga-se a alimentação (L1 em 1) e (L2 em 4, 6), e mantêm-se os terminais (2, 3, 5) fechados e isolados.

Pode-se notar que para os motores monofásicos de 6 terminais, a rotação do motor pode ser invertida; dado muito importante, pois na ligação de bombas d'água, a inversão do conjunto (motor-bomba), é muito solicitado, principalmente quando ocorre entrada de ar pela tubulação

das bombas, a inversão de rotação irá justamente eliminar a formação de bolhas de ar na tubulação (SENAI, 1980).

A Figura 38 mostra o motor monofásico de fase auxiliar usado nos experimentos do laboratório.

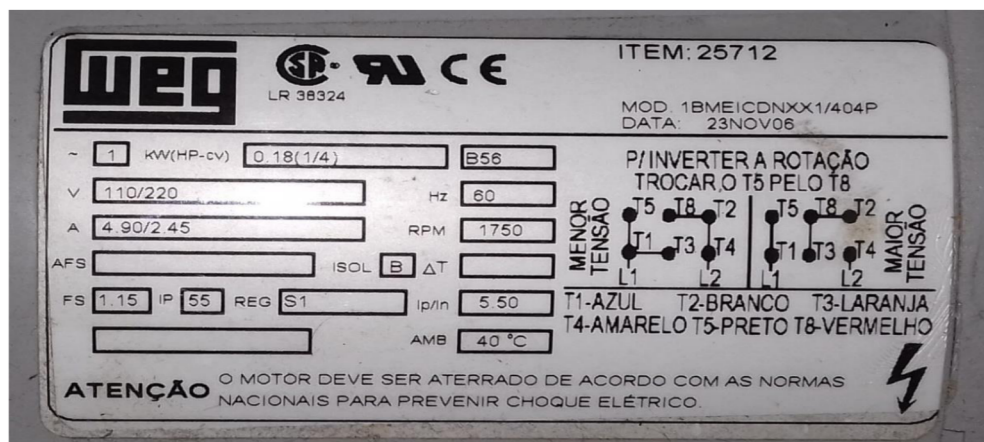
Figura 38. Motor monofásico de fase auxiliar.



Fonte: Autoria Própria, 2019.

A Figura 39 mostra o detalhe da placa de identificação dos valores nominais do motor monofásico de fase auxiliar, utilizado nos experimentos do laboratório. No fechamento desse motor, o terminal T8 substitui o terminal T6, sem maiores problemas para o entendimento.

Figura 39. Placa de identificação dos valores nominais.



Fonte: Autoria Própria, 2019.

#### 4.6.4 ENTENDENDO A PLACA DE IDENTIFICAÇÃO DOS VALORES NOMINAIS

~ 1: motor monofásico, funciona com apenas uma fase.

kW (HP-CV); 0,18 (1/4): potência nominal do motor.

V 110/220: tensão nominal do motor; tensão para qual o motor foi fabricado para funcionar; nesse caso, para duas tensões, 110 V ou 220 V CA.

A 4,90/2,45: corrente nominal do motor; corrente em 110 V (4,90 A); e corrente em 220 V (2,45 A).

Hz 60: frequência nominal do motor; frequência para qual o motor foi fabricado.

RPM 1750: velocidade nominal do motor, velocidade síncrona do campo girante.

ISOLAMENTO B: classe de isolamento B (130 °C); máxima temperatura que os materiais isolantes utilizados suportam sem se deteriorar.

FS (1,15): fator de serviço; é uma reserva de potência do motor, nesse caso 15% de reserva.

IP (55): grau de proteção; o motor é protegido contra entrada de poeira e jatos d'água.

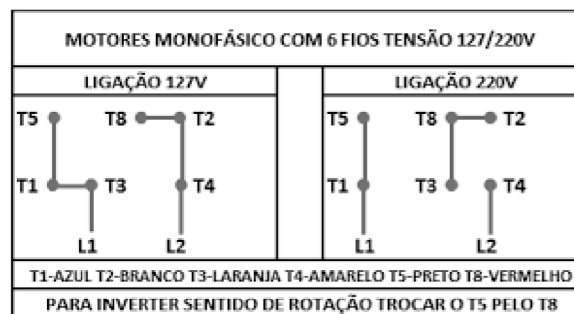
REGIME (S1): é o regime de funcionamento contínuo do motor.

$I_p/I_n$ : é a relação entre a corrente de partida e a corrente nominal do motor.

AMBIENTE (40 °C): é a máxima temperatura ambiente que o motor pode funcionar constantemente, sem apresentar problemas (SENAI, 1980).

A Figura 40 mostra o fechamento em detalhe do motor monofásico de fase auxiliar de 6 terminais. Nesse caso, para efeitos práticos, a tensão 127 V é o mesmo 110 V.

Figura 40. Fechamento de motor monofásico de fase auxiliar.



Fonte: <https://ensinandoeletrica.blogspot.com/2012/01/fechamento-de-motores-eletricos.htm>,

2019.

Existem outras potências em corrente alternada, para cálculos de motores monofásicos à saber.

Potência aparente (S): é a potência aparente à primeira vista do motor, porém que não é a potência real. Sua unidade de medida é o volt-ampér (VA) ou quilo-volt-ampér (kVA). A equação para o cálculo é apresentada abaixo.

$$S = v * i \quad (19)$$

Onde (S) - é a potência aparente, v – é a tensão nominal e i – é a corrente nominal.

Potência efetiva (Pe): é a parcela da potência aparente que realiza trabalho, ou seja, que é transformada em energia. Sua unidade de medida é o Watts (W) ou quilowatts (kW). A equação para o cálculo é apresentada abaixo.

$$Pe = v * i * \cos \alpha \quad (20)$$

Onde: (Pe) – é a potência efetiva, v – tensão nominal, i – corrente nominal,  $\cos\alpha = F_p$  (cosseno é igual ao fator de potência) é uma parcela da potência aparente que é transformada em potência efetiva).

Potência útil (Pu): é a potência que realmente é responsável pelo trabalho mecânico (rotação do eixo do motor). Sua unidade de medida é o Watts (W) ou quilowatts (kW). A equação para o cálculo é apresentada abaixo.

$$P_u = v * i * \cos \alpha * \eta \% \quad (21)$$

Onde: (Pu) – é a potência útil, v – tensão nominal, i – corrente nominal,  $\cos\alpha = F_p$  (cosseno é igual ao fator de potência) é uma parcela da potência aparente que é transformada em potência efetiva),  $\eta\%$  - rendimento é a relação que existe entre a potência de saída (Pu) e a potência de entrada (Pe); ou seja, é a relação entre a potência útil (Pu) e a potência efetiva (Pe).

Potência reativa (Q): é a parcela da potência aparente que “não” realiza trabalho. Apenas é transferida e armazenada nos elementos passivos (capacitores e indutores) do circuito. Sua unidade de medida é o volt-ampér-reativo (VAR) ou quilo-volt-ampér-reativo (kVAR). Suas equações estão apresentadas abaixo.

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} \quad (22)$$

$$Q = S * \sin \alpha \quad (23)$$

Onde:(Q) – é a potência reativa, S – potência aparente, P – é a potência efetiva,  $\sin \alpha$  é a relação entre a potência reativa (Q) e a potência aparente (S) (WEG, 2019).

#### 4.7 MOTOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO (MIT)

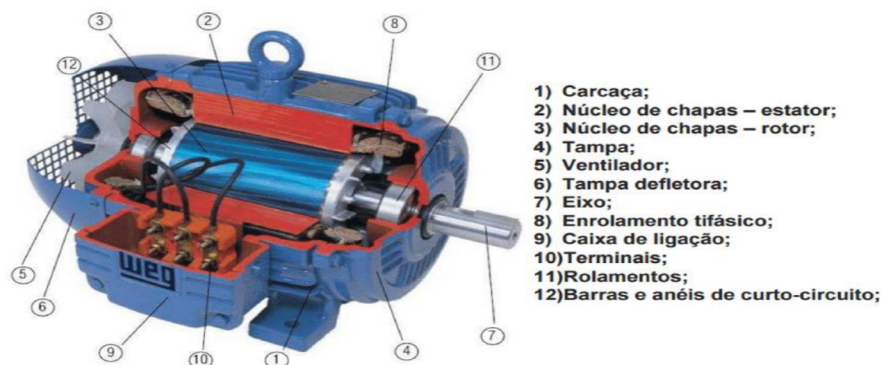
Motor elétrico é a máquina destinada a transformar energia elétrica em energia mecânica. É o mais usado de todos os tipos de motores, pois combina as vantagens da utilização de energia elétrica – baixo custo, facilidade de transporte, limpeza e simplicidade de comando – com sua construção simples, custo reduzido e grande versatilidade de adaptação às cargas dos mais diversos tipos e melhores rendimentos. Tendo suas aplicações tanto para uso residencial, comercial e industrial; tais como: tornos, fresas, misturadores, esteiras, pontes rolantes, cilos, bombas d’água, dentre outras. Segundo (WEG, 2019).

##### 4.7.1 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DO MOTOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO (MIT)

Quando um enrolamento trifásico é alimentado por correntes trifásicas, cria-se um “campo girante”, como se houvesse um único par de polos girantes, de intensidade constante. Este campo girante, criado pelo enrolamento trifásico do estator, induz tensões nas barras do rotor – (linhas de fluxo cortam as barras do rotor) – as quais geram correntes, e conseqüentemente, um campo no rotor, de polaridade oposta à do campo girante. Como campos opostos se atraem e como o campo do estator (campo girante) é rotativo, o rotor tende a acompanhar a rotação deste campo. Desenvolve-se, então, no estator, um conjugado motor que faz com que ele gire, acionando a carga (WEG, 2019).

A Figura 41 mostra uma vista em corte do motor de indução trifásico (MIT), destacando suas partes principais.

Figura 41. Vista em corte do motor de indução trifásico.



Fonte: <https://www.saladaeletrica.com.br/maquinas-na-eletrica-industrial>, 2019.

#### 4.7.2 PRINCIPAIS PARTES DO MOTOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO (MIT)

1) Carcaça: geralmente construída de ferro fundido, serve para abrigar todas as outras partes do motor.

2) Estator: formadas de chapas de ferro silício, prensadas e isoladas uma a uma, formando um único pacote, que é fixado sobre pressão na carcaça. No estator existe as ranhuras, onde recebem os enrolamentos de cobre (bobinas). As bobinas são isoladas do estator através de um material isolante chamado poliéster.

3) Induzido ou rotor gaiola: o induzido é a parte girante do motor, nos motores com rotor do tipo gaiola de esquilo, o rotor é formado por barras de cobre (bobinas), que são prensadas, formando um único pacote, onde são soldadas, curto-circuitadas, em ângulo nas ranhuras do rotor e no seu comprimento, essas barras se alongam, formando uma espécie de gaiola (ventilador); servindo dessa forma, para ventilação interna do motor.

4) Tampa: serve para fechar o motor, impedindo a entrada de elementos estranhos, e também acondiciona os rolamentos; permitindo o giro do induzido.

5) Ventilador: serve para refrigerar o motor, principalmente os enrolamentos, mantendo este na temperatura normal de trabalho.

6) Tampa defletora: além de proteger o ventilador, serve para favorecer a entrada de ar exterior, permitindo dessa forma a troca de calor.

7) Eixo: construído de ferro fundido, o mesmo é colocado sob pressão no interior do pacote do induzido (rotor).

8) Enrolamento trifásico: são três conjuntos iguais de bobinas - (feita de fio magnético esmaltado de cobre) – uma para cada fase, montadas nas ranhuras do estator, formando um sistema trifásico responsável pela formação de campo eletromagnético, para partida do motor.

9) Caixa de ligação: onde fica disponíveis os cabos de ligação do motor, permitindo se fazer o fechamento.

10) Terminais: são os cabos de ligação propriamente dito, onde na sua extremidade ficam os bornes de ligação, onde se faz a alimentação com o sistema trifásico.

11) Rolamentos: conjunto circular, geralmente de ferro fundido e aço, possui uma sede, onde fica acondicionado as esferas de aço. Os rolamentos propriamente dito são os responsáveis direto pelo giro do rotor do motor.

12) Barras e anéis de curto – circuito: o rotor é formado por barras de cobre (bobinas) que são prensadas, formando um único pacote, onde são soldadas, curto-circuitadas, em ângulo nas ranhuras do rotor e no seu comprimento, essas barras se alongam, formando uma espécie de gaiola (ventilador), servindo dessa forma, para ventilação interna do motor (WEG, 2019).

#### 4.7.3 FECHAMENTO DE MOTOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO (MIT)

Existem motores trifásicos de 3, 6, 9 e 12 terminais (cabos de ligação); e de acordo com o número de terminais de saídas, exige-se um cuidado especial para efetuar-se o seu fechamento.

Para inverter o sentido de rotação de um motor trifásico, basta trocar duas de suas fases entre si.

##### Motor trifásico de 3 terminais

Os motores trifásicos de 3 terminais funcionam em apenas uma tensão, ou seja, para 220, 380, 440 ou 760 V. Nesse tipo de motor já vem definido na placa de identificação dos valores nominais, para qual tensão deva funcionar o motor.

Sua alimentação (rede) trifásica é conectada da seguinte forma ao motor; Fase 1 (F1) em 1, Fase 2 (F2) em 2, Fase 3 (F3) em 3.

##### Motor trifásico de 6 terminais

Os motores trifásicos de 6 terminais geralmente funcionam para duas tensões, ou seja, 220/380 V ou 440/760 V.

Sua alimentação (rede) trifásica é conectada da seguinte forma ao motor, tensão menor (triângulo), F1 em 1 e 6, F2 em 2 e 4, F3 em 3 e 5. E para tensão maior (estrela) tem-se: F1 em 1, F2 em 2, F3 em 3; e fechados e isolados entre si tem-se os cabos (4, 5, 6) (SENAI, 1980).

##### Motor trifásico de 9 terminais

Os motores trifásicos de 9 terminais geralmente funcionam para duas tensões, seja

220/440 V ou 380/760 V. Uma tensão é o dobro da outra; nesse tipo de motor já são ligados internamente os terminais (10, 11 e 12).

Sua alimentação (rede) trifásica é conectada da seguinte forma ao motor; tensão menor (estrela dupla), F1 em 1 e 7, F2 em 2 e 8, F3 em 3 e 9; e fechados e isolados entre si tem-se os cabos (4, 5, 6). E para tensão maior (estrela simples) tem-se: F1 em 1, F2 em 2, F3 em 3; e fechados e isolados dois a dois tem-se os cabos (4, 7); (5, 8) e (6, 9) (SENAI, 1980).

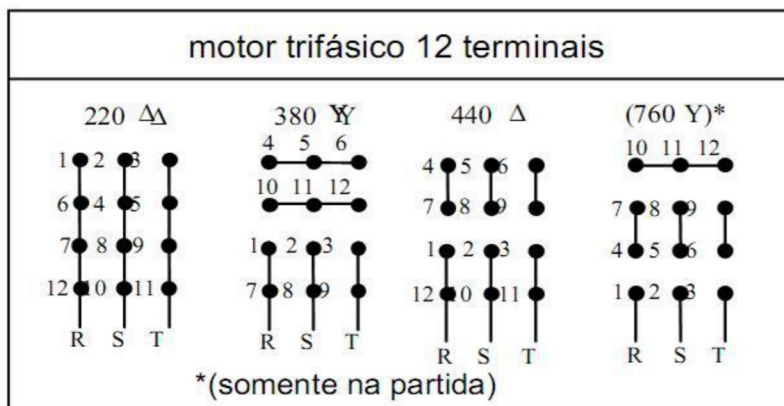
#### Motor trifásico de 12 terminais

Os motores trifásicos de 12 terminais geralmente podem ser ligados para quatro tensões diferentes, ou seja, 220, 380, 440 e 760 V; existe um fechamento para cada tensão.

Sua alimentação (rede) trifásica é conectada da seguinte forma ao motor, tensão 220 V (triângulo duplo), F1 em (1, 6, 7, 12); F2 em (2, 4, 8, 10); F3 em (3, 5, 9, 11). E Para tensão de 380 V (estrela duplo) tem-se F1 em (1, 7); F2 em (2,8); F3 (3, 9); e os terminais fechados e isolados entre si, três a três (4, 5, 6) e (10, 11, 12). E para a tensão de 440 V (triângulo simples) tem-se F1 em (1,12); F2 em (2, 10); F3 em (3, 11); e os terminais fechados e isolados dois a dois (4,7); (5,8); (6,9). E por último tem-se a ligação na tensão de 760 V (estrela simples), F1 em 1, F2 em 2, F3 em 3; e os terminais fechados e isolados dois a dois (4, 7); (5, 8); (6, 9) e também fechados e isolados tem-se os terminais (10, 11, 12) (SENAI, 1980).

A Figura 42 mostra o fechamento de um motor trifásico de 12 terminais. As fases de alimentação F1, F2 e F3 foram substituídos no fechamento pelas letras R, S e T, sem prejuízo para o entendimento.

Figura 42. Fechamento de motor trifásico de 12 terminais.



Fonte: <https://ensinandoeletrica.blogspot.com/2012/01/fechamento-de-motores-eletricos.htm>, 2019.

A Figura 43 mostra o motor de indução trifásico (MIT) de 6 terminais, utilizado nos experimentos do laboratório.

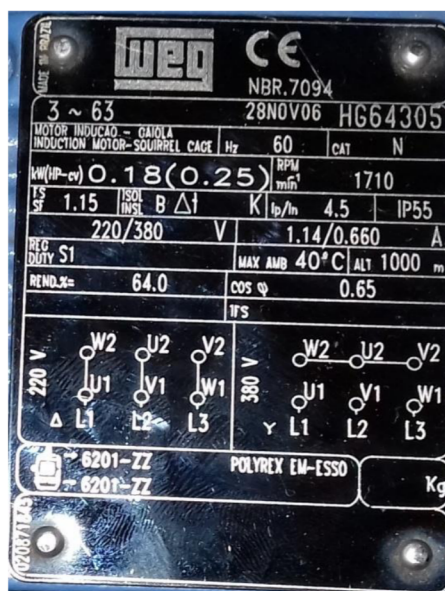
Figura 43. Motor de indução trifásico (MIT) de 6 terminais.



Fonte: Autoria Própria, 2019.

A Figura 44 mostra em detalhe a placa de identificação dos valores nominais do motor de motor de indução trifásico (MIT) utilizado nos experimentos do laboratório.

Figura 44. Placa de identificação dos valores nominais do (MIT).



Fonte: Autoria Própria, 2019.

#### 4.7.4 ENTENDENDO A PLACA DE IDENTIFICAÇÃO DOS VALORES NOMINAIS

NBR 7094: norma brasileira que regulamenta a fabricação do motor.

3 ~ 63: motor trifásico, funciona com as três fases; carcaça 63.

HG64305: modelo do motor.

Hz 60: frequência nominal do motor.

Categoria N: categoria de utilização/aplicação do motor. Conjugado de partida normal, acionamento de cargas normais, como bombas, máquinas operatrizes e ventiladores.

kW (HP – CV); 0,18 (0,25): potência nominal do motor.

RPM 1710: velocidade nominal do motor, velocidade síncrona do campo girante.

FS 1,15: fator de serviço (reserva de potência do motor), nesse caso 15% de reserva.

ISOLAMENTO (B): classe de isolamento B (130 °C), máxima temperatura que os materiais isolantes suportam sem se deteriorar.

$I_p/I_n$ : é a relação entre a corrente de partida e a corrente nominal.

IP (55): grau de proteção, o motor é protegido contra entrada de poeira e jatos d'água.

220/380 V: tensão nominal do motor, tensão para qual o motor foi fabricado para funcionar, nesse caso, para duas tensões, 220 V ou 380 V CA.

1,14/0,660 A: corrente nominal do motor, corrente em 220 V (1,14 A), e corrente em 380 V (0,660 A).

REGIME (S1): é o regime de funcionamento contínuo do motor.

MÁXIMA AMBIENTE (40 °C): é a máxima temperatura ambiente que o motor pode funcionar constantemente, sem apresentar problemas.

ALTITUDE (1000 m): é a máxima altitude que o motor pode funcionar sem apresentar problemas.

RENDIMENTO (%) 64,0: é a relação que existe entre a potência de saída ( $P_u$ ) e a potência de entrada ( $P_e$ ), ou seja, é a relação entre a potência útil ( $P_u$ ) e a potência efetiva ( $P_e$ ).

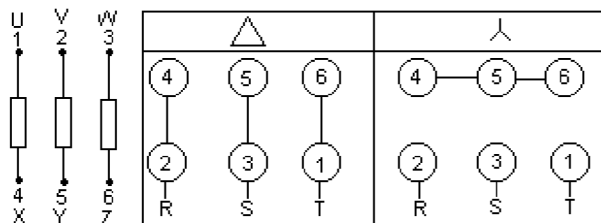
COSSÊNO  $\alpha$ : é uma parcela da potência aparente que é transformada em potência efetiva no motor.

6201 – ZZ: referência dos rolamentos do motor.

POLYREX (EM – ESSO): referência da graxa para lubrificação do motor.

A Figura 45 mostra o fechamento de um motor trifásico de 6 terminais, onde comparando com a placa do motor tem-se (R, S, T) substituindo respectivamente (L1, L2, L3) e (1, 2, 3, 4, 5, 6) substituindo respectivamente (U1, V1, W1, U2, V2, W2). Tem-se o fechamento para menor tensão 220 V (triângulo simples) e para maior tensão 380 V (estrela simples) (SENAI, 1980).

Figura 45. Fechamento de motor trifásico de 6 terminais.



Fonte: <https://ensinandoeletrica.blogspot.com/2012/01/fechamento-de-motores-eletricos.htm>, 2019.

Existem outras potências em corrente alternada, para o cálculo de motores trifásicos a saber.

Potência aparente (S): é a potência à primeira vista do motor, porém que não é uma potência real. Sua unidade de medida é o volt-ampér (VA) ou quilo-volt-ampér (kVA). A equação para o cálculo é apresentada abaixo.

$$S = v * i * \sqrt{3} \quad (24)$$

Onde (S): é a potência aparente, v – é a tensão nominal, i – é a corrente nominal e  $\sqrt{3}$  é o fator do sistema trifásico.

Potência efetiva (Pe): é a parcela da potência aparente que realiza trabalho, ou seja, que é transformada em energia. Sua unidade de medida é os watts (W) ou quilowatts (kW). A equação para o cálculo é apresentada abaixo.

$$P_e = v * i * \sqrt{3} * \cos \alpha \quad (25)$$

Onde (Pe): é a potência efetiva, v – é a tensão nominal, i – é a corrente nominal,  $\sqrt{3}$  é o fator do sistema trifásico,  $\cos \alpha = F_p$  (cosseno é igual ao fator de potência) é uma parcela da potência aparente que é transformada em potência efetiva).

Potência útil ( $P_u$ ): é a potência que realmente é responsável pelo trabalho mecânico (rotação do eixo do motor). Sua unidade de medida é o watts (W) ou quilowatts (kW). A equação para o cálculo é apresentada abaixo.

$$P_u = v * i * \sqrt{3} * \cos \alpha * \eta\% \quad (26)$$

Onde ( $P_u$ ): é a potência útil,  $v$  – é a tensão nominal,  $i$  – é a corrente nominal,  $\sqrt{3}$  é o fator do sistema trifásico,  $\cos\alpha=F_p$  (cosseno é igual ao fator de potência) é uma parcela da potência aparente que é transformada em potência efetiva),  $\eta\%$  - rendimento é a relação que existe entre a potência de saída ( $P_u$ ) e a potência de entrada ( $P_e$ ), ou seja, é a relação entre a potência útil ( $P_u$ ) e a potência efetiva ( $P_e$ ).

Potência reativa ( $Q$ ): é a parcela da potência aparente que “não” realiza trabalho. Apenas é transferida e armazenada nos elementos passivos (capacitores e indutores) do circuito. Sua unidade de medida é o volt-ampér-reactivo (VAR) ou quilo-volt-ampér-reactivo (kVAR). Suas equações estão apresentadas abaixo.

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} \quad (27)$$

$$Q = S * \sin \alpha \quad (28)$$

Onde ( $Q$ ): é a potência reativa,  $S$  – é a potência aparente,  $P$  – é a potência efetiva,  $\sin\alpha$  é a relação entre a potência reativa ( $Q$ ) e a potência aparente ( $S$ ) (WEG, 2019).

#### 4.8 AUTOTRANSFORMADOR TRIFÁSICO DE PARTIDA

Segundo WEG (2019), o autotransformador é uma máquina elétrica que conseguiu fazer a mesma indução de potência a um circuito, com alteração de tensão e corrente, mas contrário ao transformador apenas um enrolamento é usado para isso, de acordo com a transformação desejada em determinada parte do enrolamento será derivado um “tap” e neste ponto tem-se valores diferentes dos encontrados na entrada do autotransformador.

A constituição diferenciada do autotransformador garante a ele certas vantagens, um melhor rendimento é encontrado no autotransformador e haverá uma menor queda de tensão

nestes autotransformadores. Outra grande vantagem é um preço reduzido se comparado ao transformador convencional.

O autotransformador trifásico é muito aplicado em sistemas de partidas de motores de indução trifásicos assíncronos (MIT); em instalações comerciais e industriais, servindo para reduzir a elevada corrente de partida desses motores, aliviando a rede elétrica de alimentação.

As aplicações de motores que mais utilizam o autotransformador trifásico como elemento de partida são: britadores e máquinas acionadas por correias.

Os autotransformadores distinguem-se dos transformadores pelo fato de possuírem apenas um enrolamento, que é ao mesmo tempo primário e secundário.

Os autotransformadores possuem, opcionalmente, instalado na bobina central um termostato. O termostato tem a função de proteção do equipamento contra aquecimento excessivo por sobrecarga ou número de partidas acima do especificado.

O termostato é especificado em função da classe de isolamento do autotransformador.

O autotransformador trifásico de partida usado numa chave de (partida compensada) tem por finalidade reduzir a corrente do motor na partida. Para isso durante a partida, a tensão na bobina é reduzida. Inicialmente o motor trifásico é ligado em série com um autotransformador trifásico, após o tempo necessário para ele acelerar (aproximadamente 15 segundos); as bobinas do motor recebem a tensão nominal da rede de alimentação.

A redução da corrente de partida depende do (TAP) em que estiver ligado o autotransformador:

TAP 65% - redução para 42% do seu valor de partida direta;

TAP 60% - redução para 64% do seu valor de partida direta.

A chave de partida compensada pode ser usada para motores que partem sob carga. Entretanto, para que ela seja utilizada, algumas condições devem ser satisfeitas.

O autotransformador deverá ter potência igual ou superior a do motor; o conjugado resistente de partida da carga deve ser inferior à metade do conjugado de partida do motor; é indicada para motores de potência elevada, que acionam cargas com alto índice de atrito.

#### 4.8.1 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DO AUTOTRANSFORMADOR TRIFÁSICO DE PARTIDA.

Segundo WEG (2019), o autotransformador trifásico de partida é uma máquina elétrica formada por três enrolamentos monofásicos, cada um montado em uma coluna do núcleo magnético, formando um enrolamento trifásico, com primário e secundário montado num único enrolamento.

Quando uma rede de alimentação trifásica de 220 V por exemplo, é ligada na entrada dos enrolamentos ou bobinas e tendo o final destes enrolamentos fechados em estrela (Y), é auto induzida nos “taps” de derivação do autotransformador valores de tensão proporcional aos valores de porcentagem dos “taps”. Por exemplo; “taps” de 65% obtém-se (143V); “taps” de 80% obtém-se (176 V). Esses valores de tensão são obtidos nos “taps” (bornes) no qual se esteja medindo.

Esses valores percentuais de tensão obtidos nas saídas (bornes), podem ser usados para um sistema de partida de motores trifásicos.

#### 4.8.2 PARTES CONSTITUINTES DO AUTOTRANSFORMADOR TRIFÁSICO DE PARTIDA.

Os autotransformadores trifásicos de partida são constituídos de três enrolamentos (bobinas), núcleo de chapas de ferro silício, cantoneiras metálicas, suporte isolante para bornes de ligação, parafusos de fixação e materiais isolantes (fibra vermelha, cadarço isolante e poliéster).

Três enrolamentos (bobinas): são bobinas de cobre ou fio magnético esmaltado, que favorecem a formação de campo magnético, e induziram nos terminais de saída valores percentuais de tensão.

Núcleo de chapas de ferro silício: pacote laminado de ferro silício, com lâminas isoladas uma a uma, é o núcleo magnético propriamente dito, serve para conduzir as linhas de força magnéticas.

Cantoneiras metálicas: presa a coluna do núcleo, serve para dar firmeza a montagem do autotransformador e facilita o transporte.

Suporte isolantes para bornes de ligação: faz a isolação dos bornes de ligação onde receberá alimentação e demais fechamentos do autotransformador.

Parafusos de fixação: serve para fixar as peças do autotransformador.

Materiais isolantes (fibra vermelha, cadarço isolante e poliéster): materiais isolantes usados na confecção do autotransformador, especificamente faz a isolação entre bobinas e entre bobinas e o núcleo. Segundo (WEG, 2019).

A Figura 46 mostra o autotransformador trifásico de partida usado nos experimentos do laboratório.

Figura 46. Autotransformador trifásico de partida



Fonte: Autoria Própria, 2019.

A Figura 47 mostra a placa de identificação dos valores nominais do autotransformador trifásico de partida.

Figura 47. Placa de identificação dos valores nominais.

IND.		BRAS.		AUTO TRANSFORMADOR TRIFÁSICO DE PARTIDA	
CV-	5 PART./H	V-	220	FREQ.-	60 Hz
CV-	10 PART./H	CL. TEMP.-	E	REF.-	2075,002/00
Nº472383/06	PESO:18,3Kg	LIG.-	Y ABERTO	1CV -	30p/h
CGC 83.241.349/0001-42		C.P. 616		CEP 89031-401 SC	

Fonte: Autoria Própria, 2019.

#### 4.8.2.1 Entendendo a placa de identificação dos valores nominais.

Fabricante: Waltec Blumenau

V – 220: tensão nominal do autotransformador.

Frequência – 60 Hz: frequência nominal do autotransformador.

Classe de Temperatura (E): temperatura máxima que seus materiais isolantes podem suportar, sem apresentar problemas, nesse caso a classe E é para 120 ° C.

Potência – 1 cv – 30 p/h: para potência de 1 cv, o autotransformador suporta até 30 partidas por hora.

Ligação – Y (estrela aberto): o final dos enrolamentos trifásicos está na configuração (estrela aberto) (WEG, 2019).

## 5 DESENVOLVIMENTO DOS EXPERIMENTOS

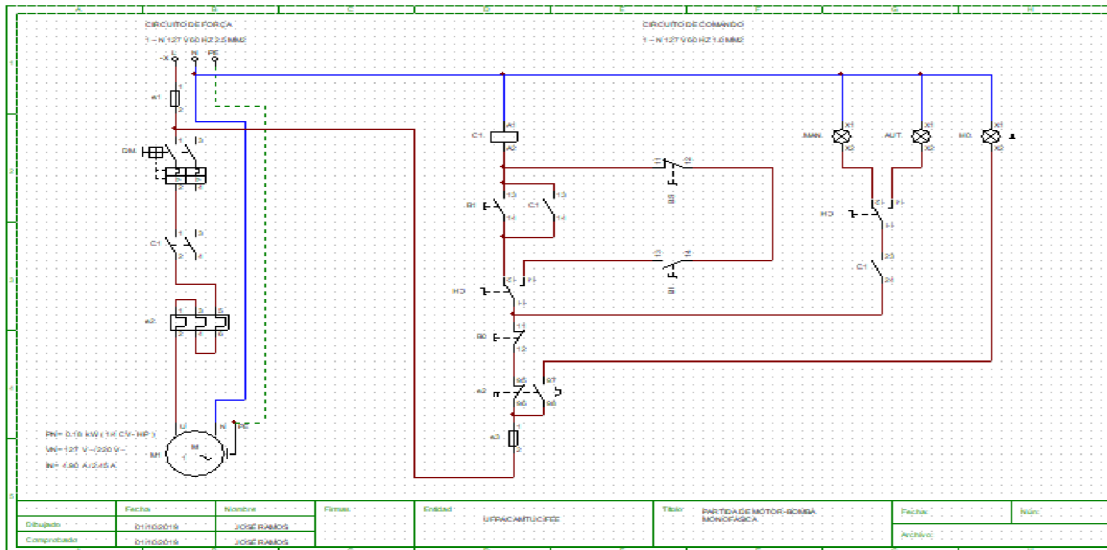
Neste capítulo é abordado os diagramas dos dez (10) experimentos (instalações) confeccionados no software CAde SIMU, bem como os princípios de funcionamento de cada experimento e suas aplicações.

Todas as montagens e instalações foram executadas conforme as ligações contidas nos diagramas elétricos.

### 5.1 MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE CHAVE MAGNÉTICA PARA PARTIDA DE MOTOR-BOMBA MONOFÁSICO COM CHAVES DE BÓIAS (COM COMANDO MANUAL E AUTOMÁTICO)

Tem-se a Figura 48 que mostra o diagrama do primeiro (1º) experimento: Partida de Motor-Bomba Monofásico. A figura está em maior tamanho no apêndice B.

Figura 48. Partida de motor-bomba monofásico.



Fonte: Autoria Própria, 2019.

### 5.1.1 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

Comando Manual: estando a chave dupla (CH) – (de comando manual e automático) na posição manual, com os contatos na posição NF CH(11-12), a fase do circuito de comando proveniente do fusível e3, passando pelo relé térmico e2, botoeira B0 e pela própria chave dupla (de duas posições CH); chega até a botoeira liga B1. Ao pressionar a botoeira liga B1, a mesma alimenta o contator de força C1 e esse fica retido pelo seu contato auxiliar de selo NA C1 (13-14). E neste exato momento a lâmpada que indica o funcionamento manual sinaliza no painel a sua energização, dando-se através do contato auxiliar NA C1 (23-24); passando pela chave dupla CH.

Nesse momento estando o disjuntor motor bipolar (DM) do circuito de força ligado, o motor monofásico (motor-bomba) entra em funcionamento, através do disjuntor (DM), passando pelo contator de força bipolar (C1) e pelo relé térmico de sobrecarga (e2), chegando a alimentação até o motor.

Na ocorrência de uma sobrecarga, o relé térmico de sobrecarga (e2) atuará desligando todo o sistema de comando e consequentemente o circuito de força, através do seu contato NF e2 (95-96). E nesse exato momento a lâmpada que indica sobrecarga sinaliza no painel essa função (de sobrecarga H0); funcionamento intermitente. Está sinalização ocorre através da atuação do contato auxiliar do relé térmico de sobrecarga NA e2 (97-98).

Na ocorrência de um curto-circuito no circuito de comando, atuará o fusível de comando e3, tirando de funcionamento todo o sistema (de comando e de força).

No final do processo, para desligar normalmente todo o sistema (comando e força), basta pulsar na botoeira desliga (B0).

Comando Automático: nessa situação todo o comando do circuito é feito pela chave de boia inferior (BI) e pela chave de boia superior (BS).

Estando a chave dupla (CH) – (de comando manual e automático) na posição automático, ou seja, com seus contatos fechados para a posição NA CH (11-14), a fase do circuito de comando proveniente do fusível e3, passa pelo relé térmico de sobrecarga (e2), botoeira (B0), chave dupla de duas posições (CH) e chega até as chaves de boias. E estando as chaves de boias com seus contatos fechados, ou seja, BS (fechado para os contatos 13-14) e BI (fechado para o contato 11-12); o contator C1 é energizado através das chaves de boias. Nesse momento a lâmpada que sinaliza a função (automático) é energizada no painel de comando, através do contato NA C1 (23-24) e da chave dupla (CH), contato NA CH (11-14).

Nesse exato momento estando também o disjuntor motor bipolar (DM) ligado, o motor monofásico (motor-bomba) entrará em funcionamento, através do disjuntor (DM), contator de força bipolar (C1) e relé térmico de sobrecarga (e2), chegando à alimentação até o motor.

Deve-se frisar que todo o comando do circuito é efetuado de maneira automática pelas chaves de boias.

Na ocorrência de uma sobrecarga, o relé térmico de sobrecarga (e2) atuará desligando todo o sistema (de comando e de força), através do seu contato NF e2 (95-96). E nesse exato momento a lâmpada que indica sobrecarga, sinaliza no painel essa função de sobrecarga (H0), funcionamento intermitente; essa sinalização ocorre através do contato do relé térmico de sobrecarga NA e2 (97-98).

Na ocorrência de um curto-circuito no circuito de comando, atuará o fusível de comando (e3), tirando de funcionamento todo o sistema (de comando e de força)

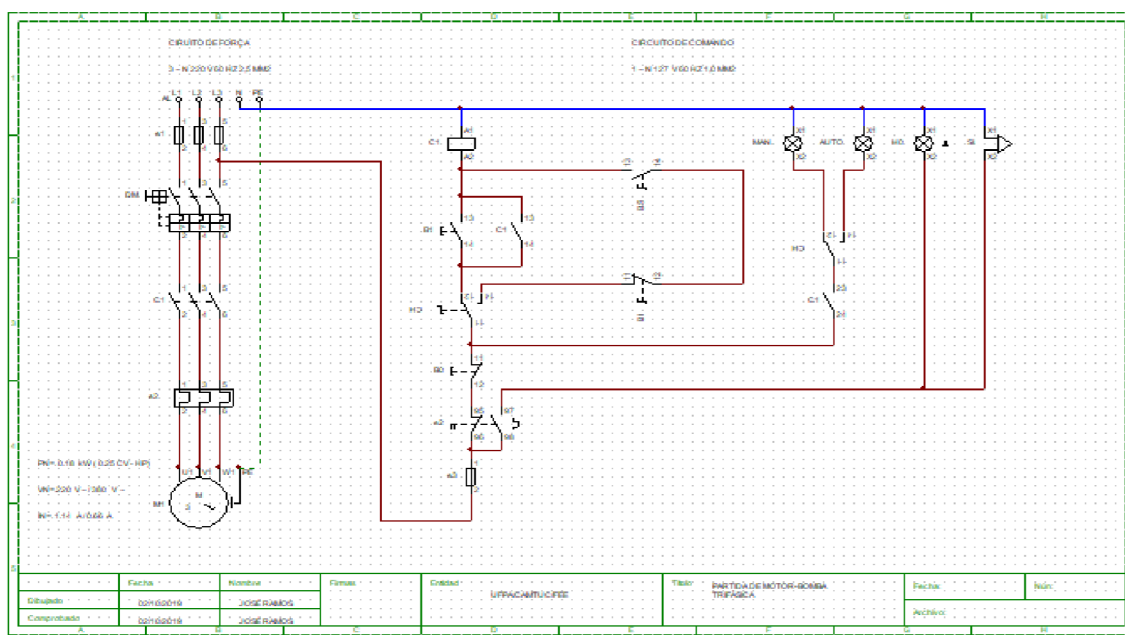
### 5.1.2 APLICAÇÃO

A partida de motor-bomba monofásico geralmente se aplica nas residências e pequenos comércios. Esse tipo de sistema está limitado a motores de potências até 4 cv, justamente por sua corrente de partida ser relativamente alta ( $7 \cdot I_n$ ). Para motores mais potentes enquadram-se outros tipos de sistemas de partida como (partida estrela-triângulo e partida compensada) que será abordado mais adiante (SENAI, 1980).

## 5.2 MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE CHAVE MAGNÉTICA PARA PARTIDA DE MOTOR-BOMBA TRIFÁSICO COM CHAVES DE BÓIAS (COM COMANDO MANUAL E AUTOMÁTICO)

Tem-se logo a Figura 49 que mostra o diagrama do segundo (2º) experimento: Partida de Motor-Bomba Trifásico. A figura está em maior tamanho no apêndice B.

Figura 49. Partida de motor-bomba trifásico.



Fonte: Autoria Própria, 2019.

### 5.2.1 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

Comando Manual: estando a chave dupla (CH) – (de comando manual e automático) na posição manual, com os contatos na posição NF CH (11-12), a fase do circuito de comando proveniente do fusível (e3), passando pelo relé térmico (e2), botoeira (B0) e pela própria chave dupla (de duas posições CH), chega até a botoeira liga (B1). Ao pressionar a botoeira liga (B1), a mesma alimenta o contator de força (C1) e esse fica retido pelo seu contato auxiliar de selo NA C1 (13-14). E neste exato momento a lâmpada que indica o funcionamento manual sinaliza

no painel a sua energização, dando-se através do contato auxiliar NA C1 (23-24), passando pela chave dupla (CH).

Nesse momento estando o disjuntor motor tripolar (DM) do circuito de força ligado, o motor trifásico (motor-bomba) entra em funcionamento, através do disjuntor (DM), passando pelo contator de força tripolar (C1) e pelo relé térmico de sobrecarga (e2), chegando à alimentação até o motor.

Na ocorrência de uma sobrecarga, o relé térmico de sobrecarga (e2) atuará desligando todo o sistema de comando e conseqüentemente o circuito de força, através do seu contato NF e2 (95-96). E nesse exato momento a lâmpada que indica sobrecarga, sinaliza no painel essa função (de sobrecarga H0), funcionamento intermitente, juntamente com a sirene (SI), ambas indicam uma sinalização (audiovisual). Estas sinalizações ocorrem através da atuação do contato do relé térmico de sobrecarga NA e2 (97-98).

Na ocorrência de um curto-circuito no sistema de comando, atuará o fusível de comando (e3), tirando de funcionamento todo o sistema (de comando e de força).

No final do processo, para desligar normalmente todo o sistema (comando e força), basta pulsar na botoeira desliga (B0).

Comando Automático: nessa situação todo o comando do circuito é feito pela chave de boia inferior (BI) e pela chave de boia superior (BS).

Estando a chave dupla (CH) – (de comando manual e automático) na posição automático, ou seja, com seus contatos fechados para a posição NA CH (11-14), a fase do circuito de comando proveniente do fusível (e3), passa pelo relé térmico de sobrecarga (e2), botoeira (B0), chave dupla de duas posições (CH) e chega até as chaves de boias. E estando as chaves de boias com seus contatos fechados, ou seja, BS (fechado para o contato 13-14) e BI (fechado para o contato 11-12), o contator (C1) é energizado através das chaves de boias. Nesse momento a lâmpada que sinaliza a função automático é energizada no painel de comando, através do contato NA C1 (23-24) e da chave dupla (CH), contatos NA CH (11-14).

Nesse exato momento estando também o disjuntor motor tripolar (DM) ligado, o motor trifásico (motor-bomba) entrará em funcionamento, através do disjuntor (DM), contator de força tripolar (C1) e relé térmico de sobrecarga (e2), chegando a alimentação até o motor.

Deve-se frisar que todo o comando do circuito é efetuado de maneira automática pelas chaves de boias.

Na ocorrência de uma sobrecarga, o relé térmico de sobrecarga (e2) atuará desligando todo o sistema de comando e conseqüentemente o circuito de força, através do seu contato NF e2 (95-96). E nesse exato momento a lâmpada que indica sobrecarga, sinaliza no painel essa

função (de sobrecarga H0), funcionamento intermitente, juntamente com a sirene (SI), ambas indicam uma sinalização (audiovisual). Estas sinalizações ocorrem através da atuação do contato do relé térmico de sobrecarga NA e2 (97-98).

Na ocorrência de um curto-circuito no circuito de comando, atuará o fusível de comando (e3), tirando de funcionamento todo o sistema (de comando e de força)

## 5.2.2 APLICAÇÃO

A partida de motor bomba-trifásico geralmente se aplica nos sistemas de elevação de água em residências, comércios e em condomínios. Aplica-se também como sistema de bomba contra incêndio na entrada de prédios e condomínios; além de serem utilizadas em sistemas de tratamento de água e esgoto nas empresas e concessionárias.

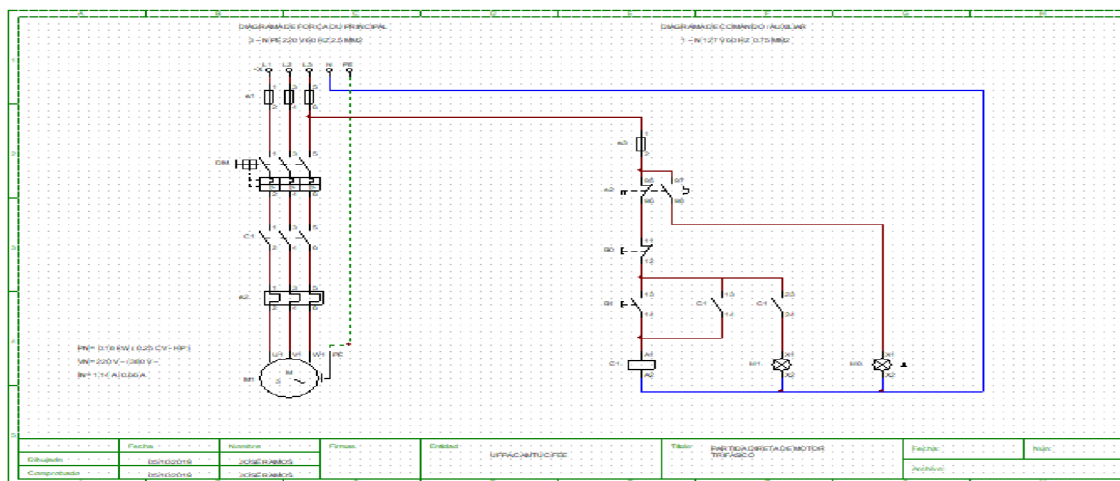
Este tipo de sistema está limitado a motores de potências até 4 cv, justamente por sua corrente de partida ser relativamente alta ( $7 \cdot I_n$ ).

Para motores mais potentes enquadram-se outros tipos de sistemas de partida como (partida estrela-triângulo e partida compensada) que será abordado mais adiante (SENAI, 1980).

## 5.3 MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE CHAVE MAGNÉTICA PARA PARTIDA DIRETA DE MOTOR TRIFÁSICO

Tem-se a Figura 50 que mostra o diagrama do terceiro (3º) experimento: Partida Direta de Motor Trifásico. A figura está em maior tamanho no apêndice B.

Figura 50. Partida direta de motor trifásico.



Fonte: Autoria Própria, 2019.

### 5.3.1 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

Ao pulsar a botoeira liga (B1) a mesma energiza o contator tripolar de força (C1). Nesse exato momento os dois contatos auxiliares NA C1 (13-14 e 23-24) se fecham; o contato NA C1 (13-14), como retenção da bobina do contator (C1), e o contato NA C1 (23-24), como sinalização (H1), indicando que o motor está funcionando. Nesse momento se o disjuntor motor tripolar (DM) estiver ligado, a alimentação trifásica chegará até o motor trifásico, fazendo com que esse entre em funcionamento; através do próprio disjuntor motor (DM), passando pelo contator tripolar de força (C1) e pelo relé térmico de sobrecarga (e2).

A sinalização (H0) – (de funcionamento intermitente) - que é alimentada pelo relé térmico de sobrecarga (e2), através do contato NA e2 (97-98), esse sinaliza uma eventual sobrecarga se a mesma ocorrer. Enquanto esse mesmo relé de sobrecarga, através do seu contato auxiliar e2 NF (95-96) retira do circuito todo o sistema ( de comando e de força); no caso de uma eventual sobrecarga.

No caso de um curto-circuito, o fusível de comando (e3) atuará, retirando de funcionamento todo o sistema (comando e conseqüentemente o de força).

No final de todo o processo, o sistema de comando é desligado através da botoeira desliga (B0).

### 5.3.2 APLICAÇÃO

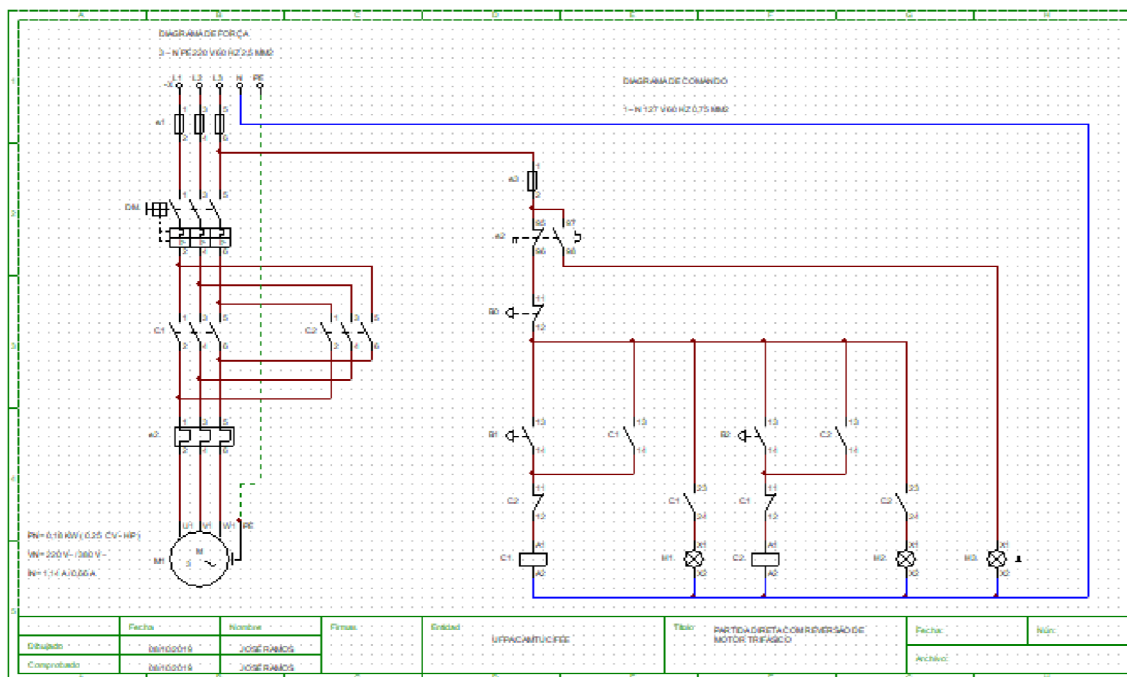
A partida direta de motor trifásico aplica-se em várias funções, desde motor de esmeril, portão elétrico, bombas elevatórias de água, bombas elevatórias de esgoto, bombas contra incêndios na entrada de prédios e condomínios.

Apesar de ser considerado um método de partida que é bom para a carga (motor) e é ruim para a rede elétrica. Esse método de partida limita-se a motores trifásicos de potência até 4 cv, devido a corrente de partida ser muito alta ( $7 \cdot I_n$ ) (SENAI, 1980).

## 5.4 MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE CHAVE MAGNÉTICA PARA PARTIDA DIRETA COM REVERSÃO DE MOTOR TRIFÁSICO

A Figura 51 que mostra o diagrama do quarto (4º) experimento: Partida Direta com Reversão de Motor Trifásico. A figura está em maior tamanho no apêndice B.

Figura 51. Partida direta com reversão de motor trifásico.



Fonte: Autoria Própria, 2019.

#### 5.4.1 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

Sentido Horário: estando o disjuntor motor tripolar (DM) ligado. Ao pulsar a botoeira liga (B1), a mesma energiza o contator tripolar de força (C1), nesse exato momento os dois contatos auxiliares do contator (C1), NA C1 (13-14 e 23-24) se fecham. O contato NA C1 (13-14), como retenção da bobina do contator (C1), e o contato NA C1 (23-24), como sinalização (H1); indicando que o motor está em funcionamento no sentido horário.

Deve-se ressaltar que nesse momento, o contato normalmente fechado de NF C1 (11-12) se abre e faz o (intertravamento), impedindo que o contator (C2) entre em operação e ocorra (uma sobrecarga ou um curto-circuito) no sistema, pois o contator (C1) está alimentando o motor, e esse está girando num sentido inverso de rotação.

Nesse momento o funcionamento do motor se dá no circuito de força pelo acionamento do disjuntor motor tripolar (DM), acionamento do contator de força tripolar (C1), passando as três fases pelo relé térmico de sobrecarga (e2), chegando até o motor trifásico.

Para desligar todo o sistema (comando e força) basta pulsar na botoeira desliga (B0).

Sentido Anti-horário: estando o disjuntor motor tripolar (DM) ligado. Ao pulsar a botoeira liga (B2), então fechará os contatos NA C2 (13-14 e 23-24), o contato NA C2 (13-14) como retenção do contator C2, e o contato NA C2 (23-24), como sinalização (H2), indicando o sentido de rotação do motor (sentido anti-horário).

Nesse momento o funcionamento do motor se dá no circuito de força pelo acionamento do disjuntor motor tripolar (DM), acionamento do contator tripolar (C1), passando as três fases pelo relé térmico de sobrecarga (e2), chegando a alimentação até o motor trifásico.

Nos dois sentidos de rotação do motor, havendo uma sobrecarga no sistema, a lâmpada (H3) de funcionamento intermitente entra em operação, através do contato auxiliar do relé térmico de sobrecarga NA e2 (97-98) e o sistema como todo é desligado através do contato auxiliar do relé térmico de sobrecarga NF e2 (95-96).

Na ocorrência de um curto-circuito no sistema de comando, o fusível de comando (e3) atuará desligando todo o sistema (comando e força).

Para desligar todo o sistema normalmente, basta pulsar na botoeira desliga (B0).

#### 5.4.2 APLICAÇÃO

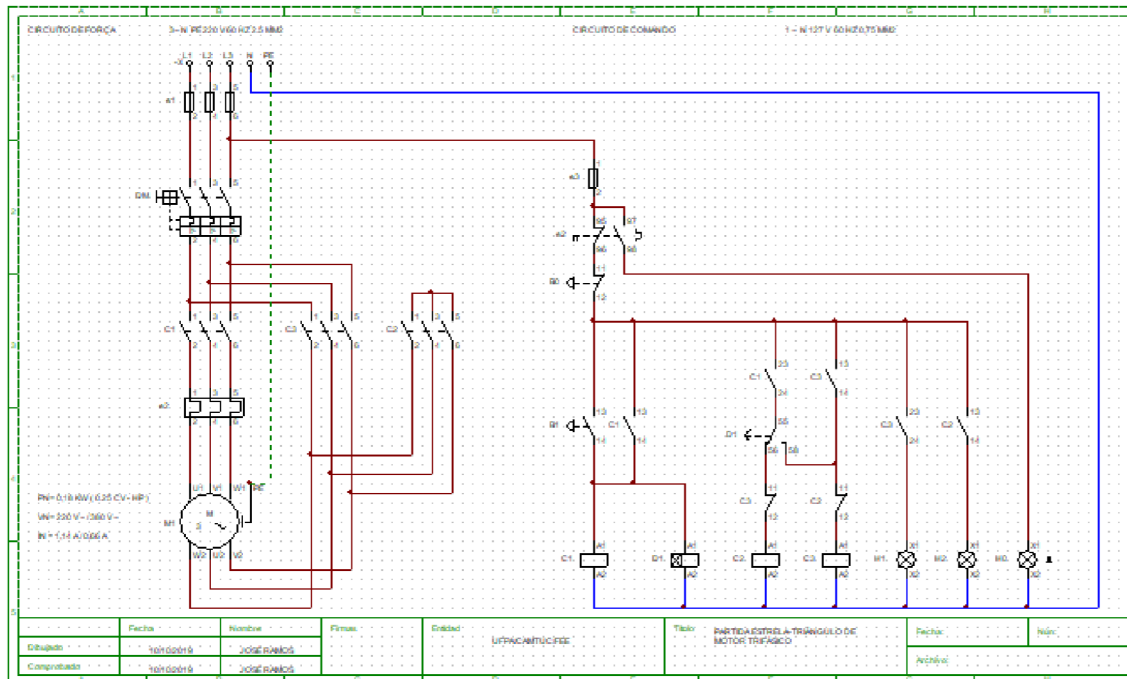
A partida direta com reversão de motor trifásico, aplicam-se em várias funções, desde motor de esmeril, cancela basculante, bombas elevatórias de água, bombas elevatórias de esgoto, bombas contra incêndios na entrada de prédios e condomínios.

Segundo SENAI (1980), apesar de ser considerado um método de partida que é bom para a carga (motor) e é ruim para a rede elétrica. Esse método de partida limita-se a motores trifásicos de potência até 4 cv, devido a corrente de partida ser muito alta ( $7 \cdot I_n$ ).

#### 5.5 MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE CHAVE MAGNÉTICA PARA PARTIDA ESTRELA-TRIÂNGULO DE MOTOR TRIFÁSICO

A Figura 52 mostra o diagrama do quinto (5º) experimento: Partida Estrela-Triângulo de Motor Trifásico. A figura está em maior tamanho no apêndice B.

Figura 52. Partida estrela-triângulo de motor trifásico.



Fonte: Autoria Própria, 2019.

### 5.5.1 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

Estando o disjuntor motor tripolar (DM) ligado. Ao pressionar a botoeira liga (B1), o contator de força tripolar (C1) entra em operação no sistema, juntamente com temporizador (D1); através do contato auxiliar do contator C1, NA C1 (13-14). E nesse momento o contator de força (estrela) – (C2), entra no circuito através dos contatos auxiliares de (C1), NA C1 (23-24); do relé temporizador D1, NF D1 (55-56), do contator (C3); contato NF C3 (11-12); e o contator (C2) é retido no circuito através é retido no circuito através destes contatos citados.

Nesse momento o contato auxiliar do contator (C2), NA C2 (13-14), sinaliza a lâmpada no painel (H2) ligada, indicando contator (C2) – (estrela) operando no circuito. E nesse mesmo tempo temos configurado no sistema de força, energizados os contadores: (C1) principal e (C2) estrela, recebendo as três fases do disjuntor motor tripolar (DM), passando estas fases pelo relé térmico de sobrecarga (e2) e chegando essas ao motor trifásico, fazendo o mesmo funcionar. E nesse momento fazendo o intertravamento, temos o contato NF C3 (11-12), para que o contator (C2) só entre no sistema, com o contator (C3) desenergizado; evitando dessa forma um curto-circuito.

Passados dois (2) segundos de ajuste do relé temporizador – (todavia regula-se um tempo entre 0 a 10 s) – o mesmo comuta-se os seus contatos, fechando o contato NA D1 (55-58) energizando o contator triângulo(C3), e o mesmo é retido pelos contatos, NA C1 (23-24), NA D1 (55-58), NA C3 (13-14); e pelo contato de intertravamento NF C2 (11-12), este contato de intertravamento garante que o contator (C3), só entre no circuito quando o contator (C2) estiver desenergizado; evitando dessa forma um possível curto-circuito.

Nesse momento temos a lâmpada (H1) energizada no painel de comando, através do contato NA C3 (23-24), indicando que o contator triângulo (C3) está energizado.

A configuração que ocorre nesse momento no circuito de força são: o disjuntor motor tripolar (DM) ligado, energizados e transportando as três fases, tem-se os contatores (C1) – (principal), o contator triângulo (C3), e o relé térmico de sobrecarga (e2), fazendo com que a alimentação chegue até o motor trifásico e o mesmo funcione.

Para desligar todo o sistema normalmente, basta pressionar a botoeira desliga (B0).

Na ocorrência de uma sobrecarga, o sistema como todo é desligado através do relé térmico de sobrecarga (e2), através do seu contato auxiliar NF e2 (95-96). Nesse momento a lâmpada de desligamento por sobrecarga (H0) é energizada no painel de comando, através do contato auxiliar do relé térmico de sobrecarga NA e2 (97-98).

Na ocorrência de um curto-circuito no circuito de comando entra em operação o fusível de comando (e3), abrindo o circuito, e desligando o sistema como todo (comando e consequentemente o de força).

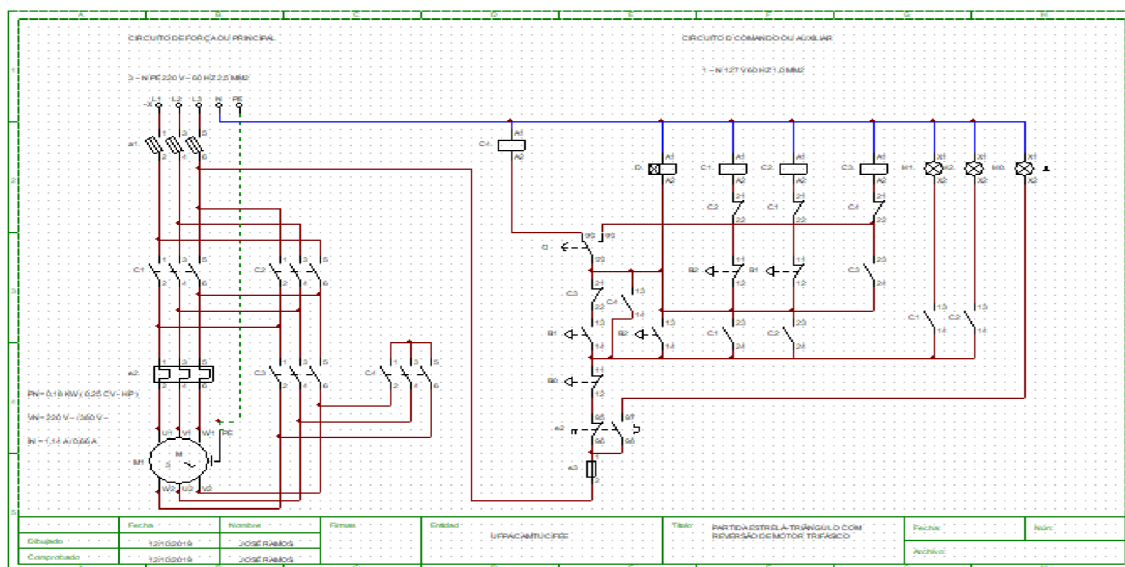
### 5.5.2 APLICAÇÃO

A partida estrela-triângulo de motor trifásico tem uma vasta gama de aplicação, esse tipo de partida é utilizado em fresa, torno, bomba de recalque de água, bomba elevatória de esgoto, dentre outros. Esse método de partida é bastante utilizado por reduzir a corrente de partida em até um terço (1/3) da corrente nominal, aliviando dessa forma a rede elétrica. Esse sistema limita-se a motores de potência de 5 cv até 12 cv em média (SENAI, 1980).

## 5.6 MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE CHAVE MAGNÉTICA PARA PARTIDA ESTRELA-TRIÂNGULO COM REVERSÃO DE MOTOR TRIFÁSICO

A Figura 53 mostra o diagrama do sexto (6º) experimento: Partida Estrela-Triângulo com Reversão de Motor Trifásico. A figura está em maior tamanho no apêndice B.

Figura 53. Partida estrela-triângulo com reversão de motor trifásico.



Fonte: Autoria Própria, 2019.

### 5.6.1 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

Sentido horário: estando o seccionador fusível (a1) ligado. Ao pulsar na botoeira liga dupla (B1), a mesma abre o seu contato normalmente fechado de (B1), NF B1 (11-12), impedindo que o contator (C2) entre no circuito; esse impedimento (intertravamento) também é feito pelo contato NF C1 (21-22), tendo em vista que (C2) é um contator de reversão, podendo ocasionar um curto-circuito; por isso o intertravamento.

No exato momento que se pressiona na botoeira liga dupla (B1), também entra no circuito o contator (C4) estrela, através do contato auxiliar de (C3), NF C3 (21-22) e pelo contato do temporizador (D), NF D (55-56); ficando retido o contator (C4). Enquanto o contator (C1), entra no circuito através dos contatos auxiliares, de (C3), NF C3 (21-22), pelo contato da botoeira dupla (B2), NF B2 (21-22) e pelo contato de intertravamento NF C2 (21-22); sendo o contator (C1) responsável pelo sentido horário do motor, ficando retido pelo seu contato NA C1 (23-24). Nesse exato momento sinaliza no painel a lâmpada (H1), indicando o sentido horário do motor, tal sinalização é feita pelo contato NA C1 (13-14). E também nesse primeiro momento que foi pulsado a botoeira (B1), o temporizador (D) entra no circuito através do contato NF C3 (21-22) e fica retido através do contato NF C1 (23-24).

Passado o tempo ajustado no relé temporizador ( $t=1,5$  s) – (o tempo ajustável vai de 0 a 10 s) – o relé temporizador retira do circuito o contator (C4) estrela, através da comutação dos seus contatos, de NF D (55-56) para NA D (55-58), colocando dessa forma no circuito o contator (C3), e esse fica retido no circuito através do contato NA D (55-58), pelo contato NA C1 (23-24) e pelo contato NA C3 (23-24).

Nesse momento tem-se configurado no circuito de comando os seguintes componentes energizados; contator (C1), relé temporizador (D), contator (C3) triângulo e a lâmpada (H1).

Para desligar todo o sistema (comando e força), basta pulsar na botoeira desliga (B0).

Caso ocorra uma sobrecarga no circuito, o mesmo é desligado através do relé térmico de sobrecarga (e2), através do seu contato auxiliar NF e2 (95-96); ao mesmo tempo que a lâmpada (H0), sinaliza no painel tal sobrecarga, através do contato auxiliar do relé térmico NF e2 (97-98).

Caso ocorra um curto-circuito no circuito de comando, o fusível de comando (e3) abre o circuito, retirando de funcionamento o circuito de comando e conseqüentemente o circuito de força, protegendo o motor e todos os componentes do sistema.

Sentido Anti-horário: estando o seccionador fusível (a1) ligado. Ao pressionar na botoeira liga dupla (B2), a mesma abre o seu contato normalmente fechado de (B2), NF B2 (11-12), impedindo que o contator (C1) entre no circuito, esse impedimento (intertravamento) também é feito pelo contato NF C2 (21-22), tendo em vista que o contator (C1) é um contator de reversão, podendo ocasionar um curto-circuito, por isso o intertravamento.

No exato momento que a botoeira liga dupla (B2) é pressionada, também entra no circuito o contator (C4) estrela, através do contato auxiliar NF D (55-56) e pelo contato NA C4 (13-14), ficando o contator (C4) retido através do contato NA C4 (13-14). Nesse momento temos retido no circuito de comando, os contadores, (C4), (C2), o relé temporizador (D), e a lâmpada (H2) que sinaliza através do contato NA C2 (13-14) no painel de comando, o sentido anti-horário de rotação do motor. O contator (C2) é responsável pelo sentido anti-horário do motor e este fica retido no circuito pelo contato NA C2 (23-24). Enquanto o relé temporizador (D) fica retido pelos contatos NA C4 (13-14) e NA C2 (23-24).

Passado o tempo de ajustado no relé temporizador ( $t=1,5$  s), o relé temporizador retira do circuito o contator (C4) estrela, através da comutação dos seus contatos, de NF D (55-56) para NA D (55-58), colocando dessa forma no circuito o contator (C3), e este fica retido no circuito através do contato NA D (55-58), pelo contato NA C2 (23-24) e pelo contato NA C3 (23-24). Nesse momento tem-se configurado no circuito de comando os seguintes componentes

energizados, o contator (C2), o temporizador (D), o contator (C3) triângulo e a lâmpada (H2) que sinaliza o sentido anti-horário do motor.

Caso ocorra uma sobrecarga no circuito de comando, o mesmo é desligado através do relé térmico de sobrecarga (e2), através do contato auxiliar NF e2 (95-96), ao mesmo tempo que a lâmpada (H0) sinaliza no painel tal sobrecarga, através do contato auxiliar NA e2 (97-98).

Caso ocorra um curto-circuito no circuito de comando, o fusível de comando (e3) abre o circuito, retirando de funcionamento o circuito de comando e conseqüentemente o circuito de força, protegendo o motor e todos os componentes do sistema.

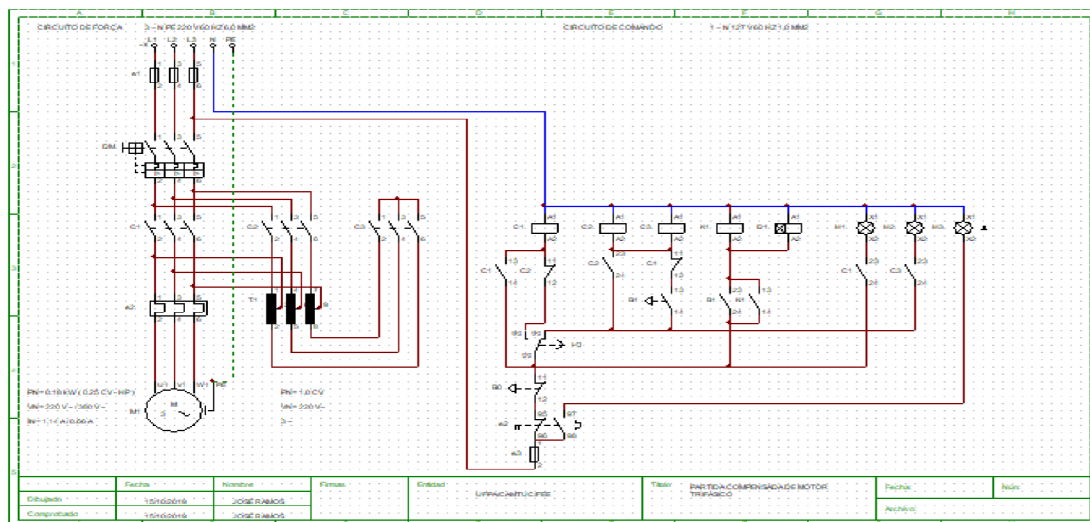
## 5.6.2 APLICAÇÃO

A partida estrela-triângulo com reversão de motor trifásico tem uma vasta gama de aplicação, esse tipo de partida é utilizado em fresa, bomba de recalque de água, bomba elevatória de esgoto, dentre outros. Esse método de partida é bastante utilizado por reduzir a corrente de partida em até um terço (1/3) da corrente nominal, aliviando dessa forma a rede elétrica. Esse sistema limita-se a motores de potência de 5cv até 12 cv em média (SENAI, 1980).

## 5.7 MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE CHAVE MAGNÉTICA PARA PARTIDA COMPENSADA DE MOTOR TRIFÁSICO

A Figura 54 mostra o diagrama do sétimo (7º) experimento: Partida Compensada de Motor Trifásico. A figura está em maior tamanho no apêndice B.

Figura 54. Partida compensada de motor trifásico.



Fonte: Autoria Própria, 2019.

### 5.7.1 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

Estando o disjuntor motor tripolar (DM) ligado. Ao pulsar na botoeira liga dupla (B1), os contatores (C2) e (C3) são energizados e esses são retidos no circuito pelo contato NA C2 (23-24). E fazendo o intertravamento do circuito, com as chaves contatoras (C2) e (C3), tem-se o contato NF C1 (11-12) em série com as bobinas dos contatores (C2) e (C3), ou seja, os contatores (C2) e (C3) - (responsáveis pela entrada no circuito do autotransformador) – só iram funcionar se o contator (C1) de força, estiver fora do circuito, justamente para evitar uma possível sobrecarga. E nesse exato momento também entra no circuito, juntamente com os contatores (C2) e (C3), o contator auxiliar (K1) e o relé temporizador (D1) e a lâmpada que sinaliza a partida compensada (H2).

O contator (K1) e o relé temporizador (D1) são energizados através da botoeira liga dupla (B1), através do seu contato NA B1 (23-24). E os componentes (K1) e (D1) são retidos através do contato auxiliar NA K1 (13-14). Enquanto que a lâmpada que sinaliza a partida compensada (H2), é energizada e retida no circuito através do contato auxiliar NA C3 (23-24). Nesse exato momento temos configurado no circuito de força, os contatores (C2) – (que alimenta o autotransformador) – e o contator (C3) – (que fecha os enrolamentos do autotransformador em estrela) – dessa forma o motor parte, entra em funcionamento por compensação de tensão.

Passado o tempo de ajuste do relé temporizador ( $t=1,5$  s), o mesmo retira do circuito de comando os contatores (C2), (C3) e lâmpada (H2), através do seu contato NF D1 (55-56) e coloca no circuito o contator de força (C1), através do seu contato comutador NA D1 (55-58); e o contator (C1) fica retido (energizado) no circuito, pelo próprio contato do temporizador NA D1 (55-58) e pelo contato auxiliar NA C1 (13-14). No momento da entrada do contator (C1) no circuito, também é energizada a lâmpada (H1), que sinaliza (funcionamento do motor à trabalho), H1 entra no circuito através do contato auxiliar NA C1 (23-24).

Deve-se frisar que nesse exato momento o autotransformador já não está presente no circuito. Temos nesse momento configurado no circuito de força os seguintes componentes que estão proporcionando 100% de tensão ao motor; são eles: o disjuntor motor tripolar (DM), o contator de força tripolar (C1) e o relé térmico de sobrecarga (e2).

Para desligar o sistema como todo (comando e força) basta pulsar na botoeira desliga (B0).

Se o sistema estiver funcionando normalmente e houver um desligamento por sobrecarga, o relé térmico de sobrecarga (e2) atuará desligando todo o sistema, através do seu

contato auxiliar NF e2 (95-96). E nesse exato momento a lâmpada (H3) sinalizará no painel de comando, desligamento por sobrecarga - (a mesma ficará funcionando de maneira intermitente) – através do contato auxiliar do relé térmico de sobrecarga NA e2 (97-98).

Se o sistema estiver funcionando normalmente e ocorrer um curto-circuito no sistema de comando, o fusível de comando (e3) atuará, abrindo o circuito, desligando o sistema de comando e conseqüentemente o sistema de força, protegendo dessa forma o motor e os componentes do sistema.

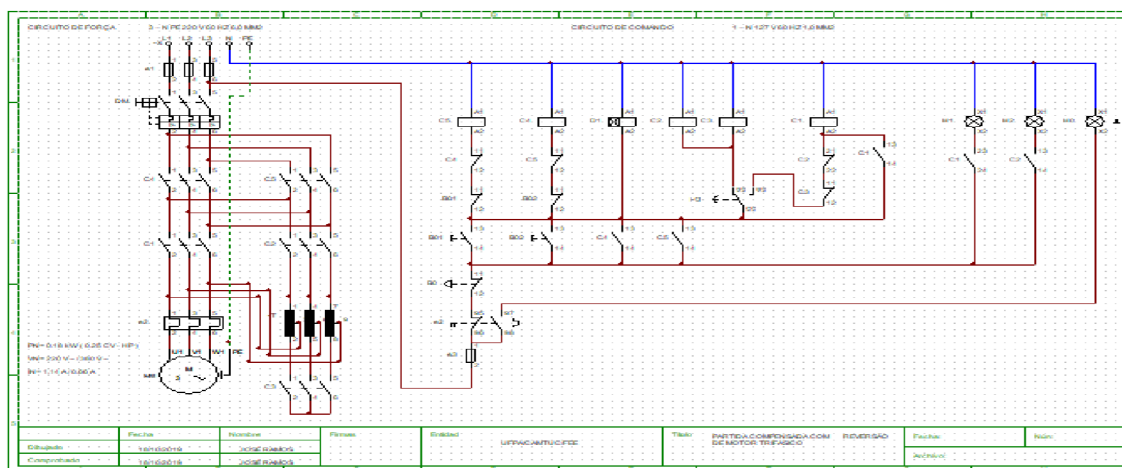
## 5.7.2 APLICAÇÃO

A partida compensada de motor trifásico tem larga aplicação nas indústrias de um modo geral, esse sistema se aplica em maquinários como: exaustores, cozinhadores, ventiladores, trituradores, dentre outros. Esse sistema limita-se à motores com potência de 15 cv até 30 cv em média (SENAI, 1980).

## 5.8 MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE CHAVE MAGNÉTICA PARA PARTIDA COMPENSADA COM REVERSÃO DE MOTOR TRIFÁSICO

A Figura 55 mostra o diagrama do oitavo (8º) experimento: Partida Compensada com Reversão de Motor Trifásico. A figura está em maior tamanho no apêndice B.

Figura 55. Partida compensada com reversão de motor trifásico.



Fonte: Autoria Própria, 2019.

### 5.8.1 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

Sentido Horário: estando o disjuntor motor tripolar (DM) ligado. Ao pulsar na botoeira liga dupla (B01), abre o seu contato auxiliar NF B01 (11-12), fazendo o intertravamento, impedindo que o contator de reversão (C5) entre no circuito e provoque uma (sobrecarga ou um curto circuito). O intertravamento de (C5) também é feito pelo contato NF C4 (11-12). Nesse momento entra no circuito os componentes; (C4), (D1), (C2), (C3) e (H2).

O contator (C4) – (responsável pelo sentido horário do motor) – entra no circuito através dos contatos NF B02 (11-12) e pelo contato NF C5 (11-12) e o mesmo fica retido no circuito pelo contato NA C4 (13-14).

O relé temporizador (D1) é energizado através da botoeira liga (B01), através do seu contato NA B01 (13-14), e o mesmo é retido no circuito pelo contato NA C4 (13-14).

Os contatos de força (C2) e (C3) é energizado através dos contatos NA B01 (13-14) e NF D1(55-56) e os mesmos são retidos no circuito através do contato NA C4 (13-14).

A lâmpada (H2) – (que sinaliza partida compensada) – entra no circuito através do contato NA C2 (13-14).

Passado o tempo ajustado no relé temporizador ( $t=1$  s), o mesmo comuta os seus contatos, de NF D1 (55-56) para NA D1 (55-58), retirando do circuito os contadores de força (C2) e (C3) e conseqüentemente retirando do circuito o autotransformador, e colocando no circuito o contator de força (C1), esse fica retido através dos contatos NA C4 (13-14) e NA C1 (13-14). Devido a energização do contator (C1) no circuito, também é energizada a lâmpada (H1), através do contato NA C1 (23-24), está sinalização significa (funcionamento pleno do motor a 100% de tensão).

Nesse exato momento, fica configurado no circuito de comando, em funcionamento os seguintes componentes: (C4), (D1), (C1) e (H1). E neste momento, estando o disjuntor motor (DM) ligado, tem-se configurado no circuito de força, os seguintes componentes que proporcionaram a alimentação até o motor; o próprio disjuntor motor (DM), os contadores de força (C4) e (C1) e o relé térmico de sobrecarga (e2).

Para desligar o sistema como todo, basta pressionar a botoeira desliga (B0).

Estando o sistema em funcionamento, e caso ocorra uma sobrecarga, o relé térmico de sobrecarga (e2), retira todo o sistema de funcionamento, através do seu contato auxiliar NF e2 (95-96), protegendo o motor e todos os outros componentes. Nesse mesmo instante, a lâmpada (H0) sinaliza sobrecarga no sistema, através do contato auxiliar do relé térmico de sobrecarga NA e2 (97-98).

Estando o sistema em funcionamento, e caso ocorra um curto-circuito no sistema de comando, o fusível de comando (e3) atuará, abrindo o circuito, e protegendo o motor e todos os outros componentes do circuito.

Sentido Anti-horário: estando o disjuntor motor tripolar (DM) ligado. Ao pulsar a botoeira liga dupla (B02), abre o seu contato auxiliar NF B02 (11-12), fazendo o intertravamento, e impedindo que o contator de reversão (C4) entre no circuito e provoque uma (sobrecarga ou um curto-circuito). O intertravamento de (C4) também é feito pelo contato NF C5 (11-12). Nesse momento entra no circuito os componentes: (C5), (D1), (C2), (C3) e (H2).

O contator (C5) – (responsável pelo sentido anti-horário) – entra no circuito através dos contatos NF B01 (11-12) e pelo contato NF C4 (11-12) e o mesmo fica retido no circuito pelo contato NA C5 (13-14).

O relé temporizador (D1) é energizado através da botoeira liga (B02), através do seu contato NA B02 (13-14) e o mesmo é retido no circuito pelo contato NA C5 (13-14).

Os contadores de força (C2) e (C3), são energizados através dos contatos NA B02 (13-14) e NF D1 (55-56) e os mesmos são retidos no circuito através do contato NA C5 (13-14).

A lâmpada (H2) – (que sinaliza partida compensada) – entra no circuito através do contato NA C2 (13-14).

Passado o tempo ajustado no relé temporizador ( $t=1$  s), o mesmo comuta os seus contatos de NF D1 (55-56) para NA D1 (55-58), retirando do circuito os contadores de força (C2) e (C3), e conseqüentemente o autotransformador e colocando no circuito o contator de força (C1), e esse fica retido no circuito através dos contatos NA C5 (13-14) e NA C1 (13-14). Devido a energização do contator (C1) no circuito, também é energizada a lâmpada (H1), através do contato NA C1 (23-24), está sinalização significa (funcionamento pleno do motor a 100% de tensão).

Nesse exato momento fica configurado no circuito de comando, em funcionamento os seguintes componentes, (C5), (D1), (C1) e (H1). E nesse momento, estando o disjuntor motor (DM) ligado, tem-se configurado no circuito de força os seguintes componentes, que proporcionaram a alimentação até o motor; o próprio disjuntor motor tripolar (DM), os contadores de força (C1) e (C5) e o relé térmico de sobrecarga (e2).

Para desligar o sistema como todo, basta pressionar a botoeira desliga (B0).

Estando o sistema em funcionamento e caso ocorra uma sobrecarga, o relé térmico de sobrecarga (e2) retira todo o sistema de funcionamento através do seu contato auxiliar NF e2 (95-96), protegendo o motor e todos os outros componentes. Nesse mesmo instante, a lâmpada

(H0) sinaliza sobrecarga no sistema, através do contato auxiliar do relé térmico de sobrecarga NA e2 (97-98).

Estando o sistema em funcionamento e caso ocorra um curto-circuito no sistema de comando, o fusível de comando (e3) atuará, abrindo o circuito e protegendo o motor e todos os outros componentes do circuito.

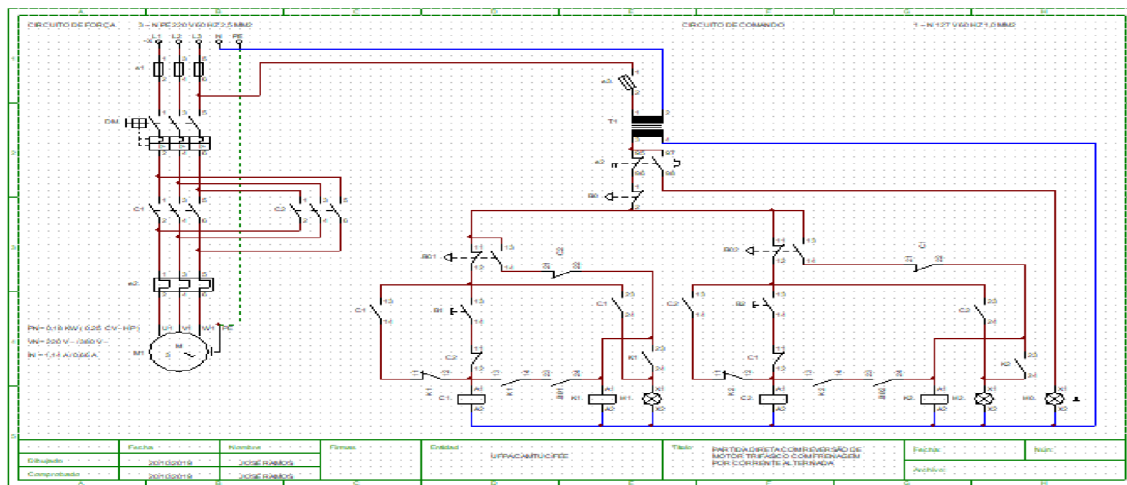
### 5.8.2 APLICAÇÃO

A partida compensada com reversão de motor trifásico tem larga aplicação nas indústrias de um modo geral, esse sistema se aplica em maquinários como: pontes rolantes, elevadores, esteiras, cozinhadores, dentre outros. Este sistema limita-se à motores com potência de 15 cv até 30 cv em média (SENAI, 1980).

### 5.9 MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE CHAVE MAGNÉTICA PARA PARTIDA DIRETA COM REVERSÃO DE MOTOR TRIFÁSICO COM FRENAGEM POR CORRENTE ALTERNADA (CA).

A Figura 56 mostra o diagrama do nono (9º) experimento: Partida Direta com Reversão de Motor Trifásico com Frenagem por Corrente Alternada (CA). A figura está em maior tamanho no apêndice B.

Figura 56. Partida direta com reversão de motor trifásico com frenagem por corrente alternada (CA).



Fonte: Autoria Própria, 2019.

### 5.9.1 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

Sentido Horário: estando o seccionador fusível monopolar (e3) ligado, o transformador isolador de comando (T1) é alimentado, proporcionando tensão elétrica à todo sistema de comando.

Dessa forma, ao pulsar na botoeira liga (B1), o contator de força (C1) é alimentado através da botoeira liga (B1), pelo seu contato NA B1 (13-14) e pelo contato de intertravamento NF C2 (11-12).

Nesse exato momento, estando o disjuntor motor tripolar (DM) ligado, tem-se o circuito de força configurado com disjuntor motor (DM) ligado, o contator (C1) energizado, passando as três fases pelo relé térmico de sobrecarga (e2), chegando a alimentação até o motor e fazendo com que esse funcione no sentido horário. Neste mesmo instante tem-se a retenção do contator (C1) feita pelo contato auxiliar NA C1 (13-14) e também através do contato auxiliar NF K1 (11-12). E ao mesmo tempo tem-se a lâmpada (H1) sinalizando o sentido de funcionamento horário do motor; a mesma é energizada através do contato NA C1 (23-24).

Dessa forma o motor está funcionando no sentido horário. E para realizar-se uma frenagem no mesmo, basta desligar o sistema, pulsando em (B0), e depois pulsar imediatamente na botoeira tripla (B02), de modo que em um curto espaço de tempo, a mesma alimente o contator auxiliar (K2), enquanto é pressionada a botoeira (B02). E estando o contator auxiliar (K2) no circuito, nesse curto intervalo de tempo, o mesmo coloca também no circuito o contator de força (C2) – (responsável pelo sentido anti-horário do motor) – fazendo com que ocorra a frenagem e a parada rápida do motor.

Deve-se frisar que durante a frenagem do motor, a lâmpada (H2) – (que sinaliza o sentido anti-horário de rotação do motor) – entra no circuito, essa ação ocorre enquanto é pressionada a botoeira tripla de frenagem (B02).

Estando o sistema funcionando normalmente e caso ocorra uma sobrecarga, o sistema de comando é desligado através do relé térmico de sobrecarga (e2), através do seu contato auxiliar NF e2 (95-96). E nesse exato momento, o contato do relé térmico NA e2 (97-98) energiza a lâmpada (H0), sinalizando uma sobrecarga no circuito.

Estando o sistema funcionando normalmente e caso ocorra um curto-circuito no circuito de comando, o fusível de comando (e3) atuará, abrindo o circuito e protegendo dessa forma o motor e todos os componentes do sistema.

Sentido Anti-horário: estando o seccionador fusível monopolar (e3) ligado, o transformador isolador de comando (T1) é alimentado, proporcionando tensão elétrica à todo o sistema de comando.

Dessa forma, ao pulsar na botoeira liga (B2), o contator (C2) de força é alimentado através da botoeira (B2), pelo seu contato NA B2 (13-14) e pelo contato de intertravamento NF C1 (11-12). Nesse exato momento, estando o disjuntor motor tripolar (DM) ligado, tem-se o circuito de força configurado com disjuntor motor (DM) ligado, contator (C2) energizado, passando as três fases pelo relé térmico de sobrecarga (e2), chegando a alimentação até o motor e fazendo com que esse funcione no sentido anti-horário.

Nesse momento tem-se a retenção do contator (C2) feita pelo contato auxiliar NA C2 (13-14) e também pelo contato auxiliar NF K2 (11-12). E ao mesmo tempo tem-se a lâmpada (H2) – (sinalizando o sentido de funcionamento anti-horário do motor) – energizada através do contato NA C2 (23-24).

Dessa forma, o motor está funcionando no sentido anti-horário. E para realizar uma frenagem no mesmo, basta desligar o sistema, pulsando em (B0) e depois pulsar imediatamente na botoeira tripla (B01), de modo que em um curto espaço de tempo, a mesma alimenta o contator auxiliar (K1), enquanto é pressionada a botoeira (B01). E estando o contator auxiliar (K1) no circuito, nesse curto intervalo de tempo, o mesmo coloca também no circuito o contator de força (C1) – (responsável pelo sentido horário do motor) – fazendo com que ocorra a frenagem e a parada do motor. Deve-se frisar que durante a frenagem do motor, a lâmpada (H1) – (que sinaliza o sentido horário de rotação do motor) – entra no circuito, enquanto é pressionada a botoeira tripla de frenagem (B01).

Estando o sistema funcionando normalmente e caso ocorra uma sobrecarga, o sistema de comando é desligado através do relé térmico de sobrecarga (e2), pelo seu contato auxiliar NF e2 (95-96). E nesse exato momento, o contato do relé térmico NA e2 (97-98) energiza a lâmpada (H0), sinalizando uma sobrecarga no circuito. E caso ocorra um curto-circuito no circuito de comando, o fusível de comando atuará, abrindo o circuito e protegendo dessa forma o motor e todos os componentes do sistema.

### 5.9.2 APLICAÇÃO

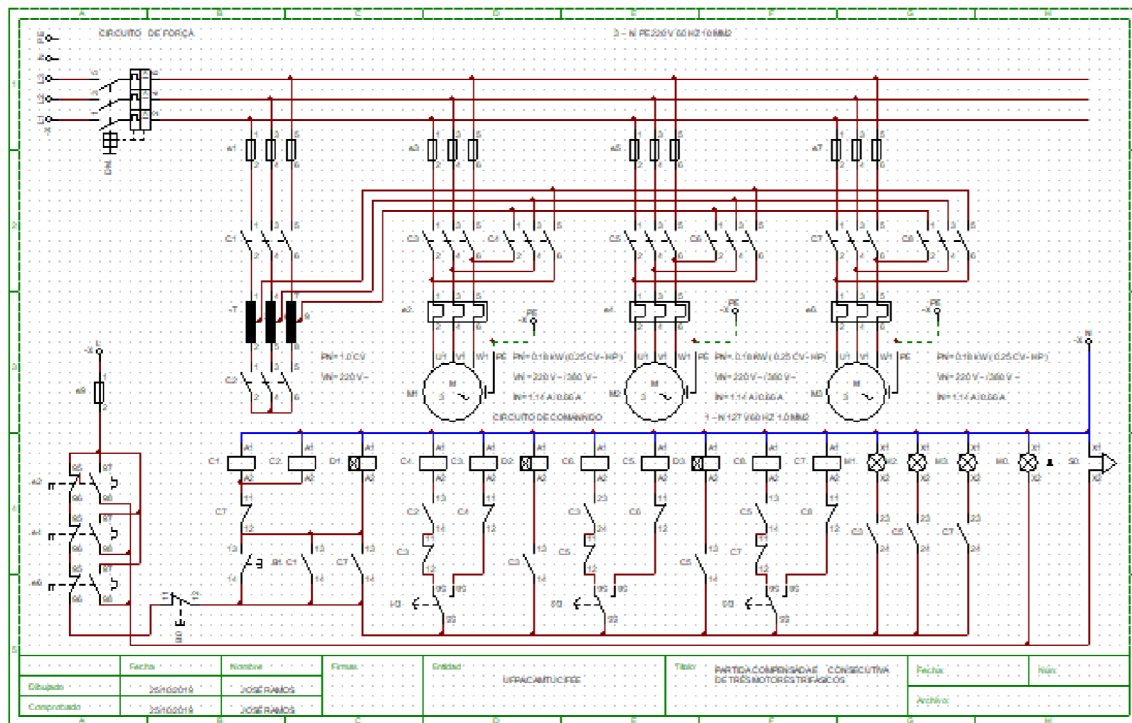
A partida direta com reversão de motor trifásico com frenagem por corrente alternada (CA) aplica-se em motores onde se deseja fazer uma parada rápida do rotor, utilizado nas

indústrias, em plataformas móveis, tombadores, fresas, dentre outras. Geralmente o seu uso é limitado à motores de potência de 5 cv a 15 cv em média (SENAI, 1980).

## 5.10 MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE CHAVE MAGNÉTICA PARA PARTIDA COMPENSADA E CONSECUTIVA DE TRÊS (3) MOTORES TRIFÁSICOS

A Figura 57 mostra o diagrama do décimo (10º) experimento: Partida Compensada e Consecutiva de Três (3) Motores Trifásicos. A figura está em maior tamanho no apêndice B.

Figura 57. Partida compensada e consecutiva de três (3) motores trifásicos.



Fonte: Autoria Própria, 2019.

### 5.10.1 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

Estando o disjuntor motor tripolar (DM) ligado, o mesmo energiza a rede trifásica do sistema de força.

Para energizar o sistema de comando basta pulsar na botoeira liga (B1), dessa forma, é energizado os contadores de força (C1) e (C2) – (que alimenta e fecha o autotransformador em estrela) – respectivamente ; e juntamente com os contadores (C1) e (C2), é energizado também

o relé temporizador (D1). Os três componentes (C1), (C2) e (D1) são retidos no circuito através da retenção NA C1 (13-14) e nesse exato momento também é energizado o contator de força (C4) – (responsável pela partida compensada do primeiro motor: M1) – o contator (C4) fica retido no circuito pelos contatos, NF D1 (55-56), NF C3 (11-12) e pelo contato NA C2 (13-14), sendo que o contator (C4), só entrará no circuito, quando o contator (C2) (estrela) estiver energizado.

Nesse momento, passado o tempo de ajuste do relé temporizador (D1) ( $t=1$  s), o relé temporizador comuta os seus contatos de NF D1 (55-56) para NA D1 (55-58), retirando do circuito o contator (C4) e colocando no circuito o contator de força (C3) – (responsável pelo trabalho do primeiro motor: M1) – ficando o contator (C3) retido no circuito pelo próprio contato NA D1 (55-58) e pelo contato de intertravamento NF C4 (11-12). Nesse momento o relé temporizador (D2) é energizado através do contato NA C3 (13-14) e a lâmpada (H1) – (que sinaliza o motor M1 em pleno trabalho) – é energizada pelo contato NA C3 (23-24).

No momento que o contator de força (C3) é energizado o mesmo coloca no circuito o contator (C6) – (responsável pela partida compensada do segundo motor: M2) – através do seu contato NA C3 (23-24), e o contator (C6) é retido no circuito pelos contatos; NF D2 (55-56), NF C5 (11-12) e NA C3 (23-24).

Passado o tempo de ajuste do relé temporizador (D2), ( $t=1$  s), o mesmo comuta os seus contatos de NF D2 (55-56) para NA D2 (55-58), colocando no circuito o contator (C5) – (responsável pelo trabalho do segundo motor: M2) – ficando o contator (C5) retido pelo próprio contato NA D2 (55-58) e pelo contato de intertravamento NF C6 (11-12). Nesse momento o relé temporizador (D3) é energizado através do contato NA C5 (13-14) e a lâmpada (H2) – (que sinaliza o motor M2 em pleno trabalho) – é energizada pelo contato NA C5 (23-24).

No momento que o contator de força (C5) é energizado o mesmo coloca no circuito o contator (C8) – (responsável pela partida compensada do terceiro motor: M3) – através do seu contato NA C5 (13-14), e o contator (C8) é retido no circuito pelos contatos, NF D3 (55-56), NF C7 (11-12) e NA C5 (13-14).

Passado o tempo de ajuste do relé temporizador (D3), ( $t=1$  s), o mesmo comuta os seus contatos de NF D3 (55-56) para NA D3 (55-58), colocando no circuito o contator (C7) – (responsável pelo trabalho do terceiro motor: M3) – ficando o contator (C7) retido pelo próprio contato NA D3 (55-58) e pelo contato de intertravamento NF C8 (11-12). Nesse mesmo instante a lâmpada (H3) – (que sinaliza o motor M3 em pleno trabalho) – é energizada pelo contato NA C7 (23-24) e os contadores de força (C1) e (C2) são retirados do circuito pelo contato NA C7

(11-12); desenergizando dessa forma o autotransformador. Nesse momento tem-se os motores M1, M2 e M3, funcionando a plena carga no circuito de força.

Nesse momento configurado no circuito de força tem-se os seguintes componentes, disjuntor motor tripolar (DM) ligado, os contatores de força, (C1), (C2), (C3) energizados, transportando as três fases pelos relés térmicos de sobrecarga, (e2), (e4) e (e6); chegando a alimentação aos seus respectivos motores trifásicos, M1, M2 e M3. E conseqüentemente tem-se nesse mesmo instante configurado no circuito de comando os seguintes componentes, (D1), (C3), (D2), (C5), (D3), (C7), (H1), (H2) e (H3).

Estando o sistema funcionando normalmente, para efetuar-se o desligamento, basta pulsar na botoeira desliga (B0)

Caso ocorra uma sobrecarga no sistema, o relé de sobrecarga (e2) atuará, desligando todo o sistema através do seu contato auxiliar NF e2(95-96), enquanto o seu contato auxiliar NA e2 (97-98), energiza os componentes; sirene (S0) e lâmpada (H0), sinalizando uma anomalia (sobrecarga no sistema); sinalização audiovisual.

Caso ocorra um curto-circuito no sistema de comando, o fusível de comando (e9) atuará, abrindo o circuito, desligando o circuito de comando e conseqüentemente o circuito de força, protegendo dessa forma os motores, bem como os respectivos componentes do sistema.

### 5.10.2 APLICAÇÃO

A partida compensada e consecutiva de três (3) motores trifásicos tem sua aplicação nas grandes indústrias onde existe grandes maquinários que exija esse tipo de partida. Pode-se citar aqui, as pontes rolantes, esteiras, elevadores que partam em sequência.

Esse tipo de sistema está limitado a motores de potência de 15 cv até 30 cv em média (SENAI, 1980).

## 6 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo será abordado a relação de materiais elétricos industriais empregados em cada experimento (instalação) realizado no laboratório, bem como os métodos para realizá-los.

Segundo Marconi e Lakatos (2010) o método comparativo permite analisar o dado concreto, deduzindo do mesmo os elementos constantes, abstratos e gerais.

Assim, a pesquisa, caracterizada pela investigação bibliográfica e experimental faz a descrição do método comparativo para alcançar o objetivo proposto.

Minayo (2000) acredita que a grande importância da análise de conteúdo consiste, justamente, em sua tentativa de impor um corte entre as intuições e as hipóteses que encaminham para interpretações mais definitivas, sem, contudo, se afastar das exigências atribuídas a um trabalho científico.

### 6.1 (1º EXPERIMENTO): MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE CHAVE MAGNÉTICA PARA PARTIDA DE MOTOR BOMBA MONOFÁSICA COM CHAVES DE BOIAS (COM COMANDO MANUAL E AUTOMÁTICO)

Segue a relação de materiais elétricos industriais empregados no primeiro (1º) experimento: Partida de Motor-Bomba Monofásica.

Tabela 3. Relação de materiais elétricos industriais referente ao primeiro (1º) experimento: Partida de motor-bomba monofásica.

ÍTEN	QTDE	DESCRIÇÃO	VALORES NOMINAIS
01	01	Bancada Didática – Eletrotécnica Industrial	P= 3000 VA, Vn= 220 V~
02	01	Disjuntor motor tripolar	Ia= 6,3 a 10,0 A; Vn= 400 V~
03	01	Contator de força bipolar com (2NA)	P= 3/10 (KW/HP), Vn= 220 V~ a 660 V~
04	01	Relé térmico de sobrecarga	Ia= 1,2 a 1,8 A
05	01	Botocira desliga	In= 10 A, Vi= 4 KV
06	01	Botocira liga	In= 10 A, Vi= 4 KV
07	01	Motor monofásico de fase auxiliar	P= 0,18 KW (0,25 CV-HP); Vn= 127 V~/220 V~; In= 4,90 A/2,45 A
08	01	Fusível de força (diazed base unipolar)	In= 6 A, Vn= 500 V~
09	01	Fusível de comando (diazed base unipolar)	In= 2 A, Vn= 500 V~
10	01	Chave dupla (de duas posições)	In= 20 A, Vn= 220 V~ a 690 V~
11	01	Chave de boia superior (substituído pelo interruptor paralelo)	In= 2 A, Vn= 250 V~
12	01	Chave de boia inferior (substituído pelo interruptor paralelo)	In= 2 A, Vn= 250 V~

13	01	Sinaleira (lente azul), sinalização manual	P= 2 W, Vn= 130 V~
14	01	Sinaleira (lente verde), sinalização automática	P= 2 W, Vn= 130 V~
15	01	Sinaleira (lente vermelha), sinalização de sobrecarga	P= 2 W, Vn= 130 V~
16	-	Cabos de ligação tipo banana (diversos tamanhos)	S= 1,0 mm <sup>2</sup> a 1,5 mm <sup>2</sup> ; Vn= 450 V~
17	01	Frequencímetro de painel	Escala de: 57 a 63 Hz
18	01	Multímetro digital	Escala variadas: 20 A, Vn= 1000 V~
19	01	Voltímetro de painel	Escala de: 0 a 300 V
20	01	Wattímetro de painel	Escala de: 0 a 800 W

Fonte: Autoria Própria, 2019.

## 6.2 (2º EXPERIMENTO): MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE CHAVE MAGNÉTICA PARA PARTIDA DE MOTOR-BOMBA TRIFÁSICA COM CHAVES DE BOIAS (COM COMANDO MANUAL E AUTOMÁTICO)

Segue a relação de materiais elétricos industriais empregados no segundo (2º) experimento: Partida de Motor-Bomba Trifásica.

Tabela 4. Relação de materiais elétricos industriais referente ao segundo (2º) experimento: Partida de motor-bomba trifásica.

<b>ÍTEN</b>	<b>QTDE</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>VALORES NOMINAIS</b>
01	01	Bancada Didática – Eletrotécnica Industrial	P= 3000 VA ,Vn= 220 V~
02	01	Contator de força tripolar com (2NA)	P= 3/10 (KW/HP), Vn= 220 V~ a 660 V~
03	01	Contator de força tripolar	Ia= 6,3 a 10,0 A; Vn= 400 V~
04	01	Relé de sobrecarga	Ia= 1,2 a 1,8 A
05	01	Motor trifásico	P= 0,18 KW (0,25 CV-HP); Vn= 220 V~/380 V~; In= 1,14 A/0,66 A
06	03	Fusível de força (diazed base unipolar)	In= 6 A, Vn= 500 V~
07	01	Fusível de comando (diazed base unipolar)	In= 2 A, Vn= 500 V~
08	01	Botoeira desliga	In= 10 A, Vi= 4 KV

09	01	Botoeira liga	In= 10 A, Vi= 4 KV
10	01	Chave dupla (de duas posições)	In= 20 A, Vn= 220 V~ a 690 V~
11	01	Chave de boia superior (substituído pelo interruptor paralelo)	In= 2 A, Vn= 250 V~
12	01	Chave de boia inferior (substituído pelo interruptor paralelo)	In= 2 A, Vn= 250 V~
13	01	Sinaleira (lente azul) sinalização manual	P= 2 W, Vn= 130 V~
14	01	Sinaleira (lente verde) sinalização automática	P= 2 W, Vn= 130 V~
15	01	Sinaleira (lente vermelha) sinalização de sobrecarga	P= 2 W, Vn= 130 V~
16	01	Sirene (sinalização sonora) de sobrecarga	P= 20 W, Vn= 130 V~
17	-	Cabos de ligação tipo banana (diversos tamanhos)	S= 1,0 a 1,5 mm <sup>2</sup> ; Vn= 450 V~
18	01	Frequencímetro de painel	Escala de: 57 a 63 Hz
19	01	Multímetro digital	Escalas variadas: In= 20 A, Vn= 1000 V~
20	01	Voltímetro de painel	Escala de: 0 a 300 V
21	01	Wattímetro de painel	Escala de: 0 a 800 V~

Fonte: Autoria Própria, 2019.

### 6.3 (3º EXPERIMENTO): MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE CHAVE MAGNÉTICA PARA PARTIDA DIRETA DE MOTOR TRIFÁSICO

Segue a relação de materiais elétricos industriais empregados no terceiro (3º) experimento: Partida Direta de Motor Trifásico.

Tabela 5. Relação de materiais elétricos industriais referente ao terceiro (3º) experimento: Partida direta de motor trifásico.

ÍTEN	QTDE	DESCRIÇÃO	VALORES NOMINAIS
01	01	Bancada Didática – Eletrotécnica Industrial	P= 3000 VA, Vn = 220 V~
02	01	Contator de força tripolar com (2NA)	P= 3/10 (KW/HP), Vn= 220 V~ a 660 V~
03	01	Disjuntor motor tripolar	Ia= 6,3 a 10,0 A; Vn= 400 V~
04	01	Relé térmico de sobrecarga	Ia= 1,2 a 1,8 A
05	01	Motor trifásico	P= 0,18 KW (0,25 CV-HP); Vn= 220

			V~/380 V~; In= 1,14 A/0,66 A
06	03	Fusível de força (diazed base unipolar)	In= 6 A, Vn= 500 V~
07	01	Fusível de comando (diazed base unipolar)	In= 2 A, Vn= 500 V~
08	01	Botoeira desliga	In= 10 A, Vi= 4 KV
09	01	Botoeira liga	In= 10 A, Vi= 4 KV
10	01	Sinaleira (lente verde) sinalização motor ligado	P= 2 W, Vn= 130 V~
11	01	Sinaleira (lente vermelha) sinalização sobrecarga	P= 2 W, Vn= 130 V~
12	-	Cabos de ligação tipo banana (diversos tamanhos)	S= 1,0 a 1,5 mm <sup>2</sup> ; Vn= 450 V~
13	01	Frequencímetro de painel	Escala de: 57 a 63 Hz
14	01	Multímetro digital	Escala variadas: In= 20 A, Vn= 1000 V~
15	01	Voltímetro de painel	Escala de: 0 a 300 V
16	01	Wattímetro de painel	Escala de: 0 a 800 W

Fonte: Autoria Própria, 2019.

#### 6.4 (4° EXPERIMENTO): MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE CHAVE MAGNÉTICA PARA PARTIDA DIRETA COM REVERSÃO DE MOTOR TRIFÁSICO

Segue a relação de materiais elétricos industriais empregados no quarto (4°) experimento: Partida Direta com Reversão de Motor Trifásico.

Tabela 6. Relação de materiais elétricos industriais referente ao quarto (4°) experimento: Partida direta com reversão de motor trifásico.

ÍTEN	QTDE	DESCRIÇÃO	VALORES NOMINAIS
01	01	Bancada Didática – Eletrotécnica Industrial	P= 3000 VA, Vn= 220 V~
02	01	Disjuntor motor tripolar	Ia= 6,3 a 10,0 A; Vn= 400 V~
03	02	Contator de força tripolar com (2NA e 1NF)	P= 3/10 (KW/HP), Vn= 220 V~ a 660 V~
04	01	Relé térmico de sobrecarga	Ia= 1,2 a 1,8 A
05	01	Motor trifásico	P= 0,18 KW (0,25 CV-HP), Vn= 220 V~/380 V~, In= 1,14 A/0,66 A

06	03	Fusível de força (diazed base unipolar)	In= 6 A, Vn= 500 V~
07	01	Fusível de comando (diazed base unipolar)	In= 2 A, Vn= 500 V~
08	01	Botoeira liga	In= 10 A, Vi= 4 KV
09	01	Botoeira desliga	In= 10 A, Vi= 4 KV
10	01	Sinaleira (lente verde) sinalização do sentido horário	P= 2 W, Vn= 130 V~
11	01	Sinaleira (lente azul) sinalização do sentido anti-horário	P= 2 W, Vn= 130 V~
12	01	Sinaleira (lente vermelha) sinalização de sobrecarga	P= 2 W, Vn= 130 V~
13	-	Cabos de ligação tipo banana (diversos tamanhos)	S= 1,0 a 1,5 mm <sup>2</sup> ; Vn= 450 V~
14	01	Frequencímetro de painel	Escala de: 57 a 63 Hz
15	01	Multímetro digital	Escala variadas; In= 20 A, Vn= 1000 V~
16	01	Voltímetro de painel	Escala de: 0 a 300 V
17	01	Wattímetro de painel	Escala de: 0 a 800 W

Fonte: Autoria Própria, 2019.

#### 6.5 (5º EXPERIMENTO): MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE CHAVE MAGNÉTICA PARA PARTIDA ESTRELA-TRIÂNGULO DE MOTOR TRIFÁSICO

Segue a relação de materiais elétricos industriais empregados no quinto (5º) experimento: Partida Estrela-Triângulo de Motor Trifásico.

Tabela 7. Relação de materiais elétricos industriais referente ao quinto (5º) experimento: Partida estrela-triângulo de motor trifásico.

ÍTEN	QTDE	DESCRIÇÃO	VALORES NOMINAIS
01	01	Bancada Didática – Eletrotécnica Industrial	P= 3000 VA, Vn= 220 V~
02	01	Disjuntor motor tripolar	Ia= 6,3 a 10,0 A; Vn= 400 V~
03	03	Contator de força tripolar (C1, C2 e C3) com, 2NAC1, 1NFC2, 1NAC2, 1NFC3 e 2NAC3	P= 3/10 (KW/HP), Vn= 220 V~ a 660 V~
04	01	Relé térmico de sobrecarga	Ia= 1,2 a 1,8 A
05	01	Motor trifásico	P= 0,18 KW (0,25 CV-HP), Vn= 220 V~/380 V~, In= 1,14 A/0,66 A
06	03	Fusível de força (diazed base unipolar)	In= 6 A, Vn= 500 V~

07	01	Fusível de comando (diazed base unipolar)	In= 2 A, Vn= 500 V~
08	01	Botoeira desliga	In= 10 A, Vi= 4 KV
09	01	Botoeira liga	In= 10 A, Vi= 4 KV
10	01	Relé temporizador com (1NA/1NF)	t= 6 a 60 s, Vn= 220 -240 V~, Vi= 300 V~
11	01	Sinaleira (lente azul) sinalização partida estrela	P= 2 W, Vn= 130 V~
12	01	Sinaleira (lente verde) sinalização partida triângulo	P= 2 W, Vn= 130 V~
13	01	Sinaleira (lente vermelha) sinalização de sobrecarga	P= 2 W, Vn= 130 V~
14	-	Cabos de ligação tipo banana (diversos tamanhos)	S= 1,0 a 1,5 mm <sup>2</sup> , Vn= 450 V~
15	01	Frequencímetro de painel	Escala de: 57 a 63 Hz
16	01	Multímetro digital	Escala variadas: In= 20 A, Vn= 1000 V~
17	01	Voltímetro de painel	Escala de: 0 a 300 V
18	01	Wattímetro de painel	Escala de: 0 a 800 W

Fonte: Autoria Própria, 2019.

#### 6.6 (6º EXPERIMENTO): MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE CHAVE MAGNÉTICA PARA PARTIDA ESTRELA-TRIÂNGULO COM REVERSÃO DE MOTOR TRIFÁSICO

Segue a relação de materiais elétricos industriais empregados no sexto (6º) experimento:

Partida Estrela-Triângulo com Reversão de Motor Trifásico.

Tabela 8. Relação de materiais elétricos industriais referente ao sexto (6º) experimento: Partida estrela-triângulo com reversão de motor trifásico.

ÍTEN	QTDE	DESCRIÇÃO	VALORES NOMINAIS
01	01	Bancada Didática – Eletrotécnica Industrial	P= 3000 VA, Vn= 220 V~
02	04	Contator de força (C1 a C4) com 1NAC1, 2NAC1, 1NFC2, 2NAC2, 1NFC3, 1NAC3, 1NAC4 e 1NFC4	P= 3/10 (KW/HP), Vn= 220 V~ a 660 V~
03	01	Relé térmico de sobrecarga	Ia= 1,2 a 1,8 A
04	01	Motor trifásico	P= 0,18 KW (0,25 CV-HP), Vn= 220 V~/380 V~, In= 1,14 A/0,66 A
05	03	Fusível de força (diazed base unipolar)	In= 6 A, Vn= 500 V~

06	01	Fusível de comando (diázed base unipolar)	In= 2 A, Vn= 500 V~
07	01	Botoeira desliga	In= 10 A, Vi= 4 KV
08	02	Botoeira liga (dupla)	In= 10 A, Vi= 4 KV
09	01	Relé temporizador com (1NA/1NF)	t= 6 a 60 s, Vn= 220 – 240 V~, Vi= 300 V~
10	01	Sinaleira (lente verde) sinalização do sentido horário	P= 2 W, Vn= 130 V~
11	01	Sinaleira (lente azul) sinalização do sentido anti-horário	P= 2W, Vn= 130 V~
12	01	Sinaleira (lente vermelha) sinalização de sobrecarga	P= 2 W, Vn= 130 V~
13	-	Cabos de ligação tipo banana (diversos tamanhos)	S= 1,0 a 1,5 mm <sup>2</sup> ; Vn= 450 V~
14	01	Frequencímetro de painel	Escala de: 57 a 63 Hz
15	01	Multímetro digital	Escala variadas: In= 20 A, Vn= 1000 V~
16	01	Voltímetro de painel	Escala de: 0 a 300 V
17	01	Wattímetro de painel	Escala de: 0 a 800 W

Fonte: Autoria Própria, 2019.

### 6.7 (7º EXPERIMENTO): MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE CHAVE MAGNÉTICA PARA PARTIDA COMPENSADA DE MOTOR TRIFÁSICO

Segue a relação de materiais elétricos industriais empregados no sétimo (7º) experimento: Partida Compensada de Motor Trifásico.

Tabela 9. Relação de materiais elétricos industriais referente ao sétimo experimento (7º) experimento: Partida compensada de motor trifásico.

ÍTEN	QTDE	DESCRIÇÃO	VALORES NOMINAIS
01	01	Bancada Didática – Eletrotécnica Industrial	P= 3000 VA, Vn= 220 V~
02	01	Disjuntor motor tripolar	Ia= 6,3 a 10,0 A; Vn= 400 V~
03	03	Contator de força tripolar (C1, C2 e C3) com 2NAC1, 1NFC1, 1NAC2, 1NFC2 e 1NAC3	P= 3/10 (KW/HP), Vn= 220 V~ a 660 V~
04	01	Contator auxiliar tripolar com 1NA	Vn= 220 V~ a 660 V~, In= 2 A/10 A
05	01	Relé térmico de sobrecarga	Ia= 1,2 a 1,8 A

06	01	Motor trifásico	P= 0,18 KW (CV-HP), V <sub>n</sub> = 220 V~/380 V~, In= 1,14 A/0,66 A
07	03	Fusível de força (diazed base unipolar)	In= 6 A, V <sub>n</sub> = 500 V~
08	01	Fusível de comando (diazed base unipolar)	In= 2 A, V <sub>n</sub> = 500 V~
09	01	Autotransformador trifásico de partida	P= 1 CV, V <sub>n</sub> = 220 V~
10	01	Botoeira desliga	In= 10 A, Vi= 4 KV
11	01	Botoeira liga (dupla)	In= 10 A, Vi= 4 KV
12	01	Relé temporizador com (1NA/1NF)	t= 6 a 60 s, V <sub>n</sub> = 220 – 240 V~, Vi= 300 V~
13	01	Sinaleira (lente azul) sinalização de partida compensada	P= 2 W, V <sub>n</sub> = 130 V~
14	01	Sinaleira (lente verde) sinalização de trabalho	P= 2 W, V <sub>n</sub> = 130 V~
15	01	Sinaleira (lente vermelha) sinalização de sobrecarga	P= 2 W, V <sub>n</sub> = 130 V~
16	-	Cabos de ligação tipo banana (diversos tamanhos)	S= 1,0 a 1,5 mm <sup>2</sup> ; V <sub>n</sub> = 450 V~
17	01	Frequencímetro de painel	Escala de: 57 a 63 Hz
18	01	Multímetro digital	Escala variadas: In= 20 A, V <sub>n</sub> = 1000 V~
19	01	Voltímetro de painel	Escala de: 0 a 300 V
20	01	Wattímetro de painel	Escala de: 0 a 800 W

Fonte: Autoria Própria, 2019.

## 6.8 (8º EXPERIMENTO) MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE CHAVE MAGNÉTICA PARA PARTIDA COMPENSADA COM REVERSÃO DE MOTOR TRIFÁSICO

Segue a relação de materiais elétricos industriais empregados no oitavo (8º) experimento:

Partida Compensada com Reversão de Motor Trifásico.

Tabela 10. Relação de materiais elétricos industriais referente ao oitavo (8º) experimento: Partida compensada com reversão de motor trifásico.

ÍTEN	QTDE	DESCRIÇÃO	VALORES NOMINAIS
01	01	Bancada Didática – Eletrotécnica Industrial	P= 3000 VA, Vn= 220 V~
02	01	Disjuntor motor tripolar	In= 6,3 a 10,0 A; Vn= 400 V~
03	05	Contator de força tripolar de (C1 a C5) com 1NFC2, 1NAC2, 1NFC3, 1NAC4, 1NFC4, 1NFC5 e 1NAC5	P= 3/10 (KW/HP), Vn= 220 V~ a 660 V~
04	01	Relé térmico de sobrecarga	Ia= 1,2 a 1,8 A
05	01	Motor Trifásico	P= 0,18 KW (0,25 CV-HP), Vn= 220 V~/380 V~, In= 1,14 A/0,66 A
06	03	Fusível de força (diazed base unipolar)	In= 6 A, Vn= 500 V~
07	01	Fusível de comando (diazed base unipolar)	In= 2 A, Vn= 500 V~
08	01	Autotransformador trifásico de partida	P= 1 CV, Vn= 220 V~
09	01	Botoeira desliga	In= 10 A, Vi= 4 KV
10	02	Botoeira liga (dupla)	In= 10 A, Vi= 4 KV
11	01	Relé temporizador com (1NA/1NF)	t= 6 a 60 s, Vn= 220 a 240 V~, Vi= 300 V~
12	01	Sinaleira (lente azul) sinalização de partida compensada	P= 2 W, Vn= 130 V~
13	01	Sinaleira (lente verde) sinalização de trabalho	P= 2 W, Vn= 130 V~
14	01	Sinaleira (lente vermelha) sinalização de sobrecarga	P= 2 W, Vn= 130 V~
15	-	Cabos de ligação tipo banana (diversos tamanhos)	S= 1,0 a 1,5 mm <sup>2</sup> ; Vn= 450 V~
16	01	Frequencímetro de painel	Escala de: 57 a 63 Hz
17	01	Multímetro digital	Escala variadas: In= 20 A, Vn= 1000 V~
18	01	Voltímetro de painel	Escala de: 0 a 300 V
19	01	Wattímetro de painel	Escala de: 0 a 800 W

Fonte: Autoria Própria., 2019.

### 6.9 (9º EXPERIMENTO): MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE CHAVE MAGNÉTICA PARA PARTIDA DIRETA COM REVERSÃO DE MOTOR TRIFÁSICO COM FRENAGEM POR CORRENTE ALTERNADA (CA)

Segue a relação de materiais elétricos industriais empregados no nono (9º) experimento:  
Partida Direta com Reversão de Motor Trifásico com Frenagem por Corrente Alternada (CA).

Tabela 11. Relação de materiais elétricos industriais referente ao nono (9º) experimento: Partida direta com reversão de motor trifásico com frenagem por corrente alternada (CA).

ÍTEN	QTDE	DESCRIÇÃO	VALORES NOMINAIS
01	01	Bancada Didática – Eletrotécnica Industrial	P= 3000 VA, Vn= 220 V~
02	01	Disjuntor motor tripolar	Ia= 6,3 a 10,0 A; Vn= 400 V~
03	02	Contator de força tripolar (C1 e C2) com 2NAC1, 2NFC1, 2NAC2 e 2NFC2	P= 3/10 (KW/HP), Vn= 220 V~ a 660 V~
04	02	Contator auxiliar (K1 e K2) com 2NAK1, 1NFK1, 2NAK2 e 1NFK2	Vn= 220 V~ a 660 V~, In= 2 A/10 A
05	01	Relé térmico de sobrecarga	Ia= 1,2 a 1,8 A
06	01	Motor trifásico	P= 0,18 KW (0,25 CV-HP), Vn= 220 V~/380 V~, In= 1,14 A/0,66 A
07	03	Fusível de força (diazed base unipolar)	In= 6 A, Vn= 500 V~
08	01	Fusível de comando (diazed base unipolar)	In= 2 A, Vn= 500 V~
09	01	Transformador de comando	Pr= 220 V~, Sec= 220 V~, P= 300 VA
10	01	Botoeira desliga	In= 10 A, Vi= 4 KV
11	02	Botoeira liga	In= 10 A, Vi= 4 KV
12	02	Botoeira (tripla) com ( 1NF/2NA)	In= 10 A, Vi= 4 KV
13	01	Sinaleira (lente verde) sinalização do sentido horário	P= 2 W, Vn= 130 V~
14	01	Sinaleira (lente azul) sinalização do sentido anti-horário	P= 2 W, Vn= 130 V~
15	01	Sinaleira (lente vermelha) sinalização de sobrecarga	P= 2 W, Vn= 130 V~
16	-	Cabos de ligação tipo banana (diversos tamanhos)	S= 1,0 a 1,5 mm <sup>2</sup> ; Vn= 450 V~
17	01	Frequencímetro de painel	Escala de: 57 a 63 Hz
18	01	Multímetro digital	Escala variadas: In= 20 A, Vn= 1000 V~
19	01	Voltímetro de painel	Escala de: 0 a 300 V
20	01	Wattímetro de painel	Escala de: 0 a 800 W

Fonte: Autoria Própria, 2019.

### 6.10 (10º EXPERIMENTO): MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE CHAVE MAGNÉTICA PARA PARTIDA COMPENSADA E CONSECUTIVA DE TRÊS (3) MOTORES TRIFÁSICOS

Segue a relação de materiais elétricos industriais empregados no décimo (10º) experimento: Partida Compensada e Consecutiva de Três (3) Motores Trifásicos.

Tabela 12. Relação de materiais elétricos industriais referente ao décimo (10º) experimento: Partida compensada e consecutiva de três (3) motores trifásicos.

ÍTEN	QTDE	DESCRIÇÃO	VALORES NOMINAIS
01	02	Bancada Didática – Eletrotécnica Industrial	P= 3000 VA, Vn= 220 V~
02	01	Disjuntor motor tripolar	In= 6,3 a 10,0 A; Vn= 400 V~
03	12	Fusível de força (diazed base unipolar)	In= 6 A, Vn= 500 V~
04	01	Fusível de comando (diazed base unipolar)	In= 2 A, Vn= 500 V~
05	01	Autotransformador trifásico de partida	P= 1 CV, Vn= 220 V~
06	03	Relé térmico de sobrecarga	Ia= 1,2 a 1,8 A
07	03	Motor trifásico	P= 0,18 KW (0,25 CV-HP), Vn= 220 V~/380 V~, In= 1,14 A/0,66 A
08	03	Relé temporizador com (1NA/1NF)	t= 6 a 60 s, Vn= 220 – 240 V~, Vi= 300 V~
09	08	Contator de força tripolar de (C1 a C8) com 1NAC1, 1NAC2, 1NFC3, 3NAC3, 1NFC4, 3NAC5, 1NFC5, 1NFC6, 2NFC7, 2NAC7 e 1NFC8	P= 3/10 (KW/HP), Vn= 220 V~ a 660 V~
10	03	Sinaleira (lente verde) sinalização de motor ligado: M1, M2 e M3	P= 2 W, Vn= 130 V~
11	01	Sinaleira (lente vermelha) sinalização de sobrecarga	P= 2 W, Vn= 130 V~
12	01	Sirene (sinalização sonora) de sobrecarga	P= 20 W, 130 V~
13	01	Botoeira liga	In= 10 A, Vi= 4 KV
14	01	Botoeira desliga	In= 10 A, Vi= 4 KV
15	-	Cabos de ligação tipo banana (diversos tamanhos)	S= 1,0 a 1,5 mm <sup>2</sup> ; Vn= 450 V~
16	01	Frequencímetro de painel	Escala de: 57 a 63 Hz

17	01	Multímetro digital	Escala variadas: In= 20 A, V <sub>n</sub> = 1000 V~
18	01	Voltímetro de painel	Escala de: 0 a 300 V
19	01	Wattímetro de painel	Escala de: 0 a 800 W

Fonte: Autoria Própria, 2019.

## 6.11 MÉTODOS

Todas as partidas de motores realizadas neste trabalho, nas suas concepções de (montagens e instalações) seguiram os diagramas elétricos projetados no software CADe SIMU, sendo que todas as simulações foram testadas antes da prática de cada experimento (instalação).

Na montagem dos experimentos práticos foram utilizados cabos do tipo banana de diversas seções e tamanhos; seguindo as orientações dos diagramas elétricos realizados no software CADe SIMU.

Os parâmetros elétricos relevantes foram medidos durante a prática dos experimentos realizados em laboratório, sendo estes; tensão elétrica, corrente elétrica, potência elétrica e frequência elétrica. Como método aplicado nas medições elétricas foram utilizados os respectivos aparelhos elétricos; voltímetro de painel, wattímetro digital e o frequencímetro de painel.

Deve-se frisar que todos os diagramas de comando foram realizados na prática na tensão de 220 V. E a partida de motor-bomba monofásica; o seu diagrama de força foi executado na prática na tensão de 220 V por conveniência dos dispositivos.

## 7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo apresenta-se os resultados – (parâmetros medidos) – de cada experimento realizado em laboratório, bem como as suas respectivas discussões.

### 7.1 (1º EXPERIMENTO): MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE CHAVE MAGNÉTICA PARA PARTIDA DE MOTOR-BOMBA MONOFÁSICA COM CHAVES DE BOIAS (COM COMANDO MANUAL E AUTOMÁTICO)

Segue a Tabela 13, onde está apresentado os parâmetros elétricos medidos durante o primeiro (1º) experimento: Partida de Motor-Bomba Monofásica.

Tabela 13. Parâmetros elétricos medidos referente ao primeiro (1º) experimento: Partida de motor-bomba monofásica.

PARÂMETROS			
CORRENTE	POTÊNCIA	TENSÃO	FREQUÊNCIA
$I_n = 2,04 \text{ A}$	$P_n = 100 \text{ W}$	$V_n (\text{rede}) = 217 \text{ V} \sim$	$F_n (\text{rede}) = 60 \text{ Hz}$
$\hat{I}(\text{pico}) = 4,70 \text{ A}$	$P(\text{pico}) = 540 \text{ W}$		

Fonte: Autoria Própria, 2019.

Onde:

$I_n$  – corrente nominal;

$\hat{I}(\text{pico})$  – corrente de pico;

$P_n$  – potência nominal;

$P(\text{pico})$  – potência de pico;

$V_n (\text{rede})$  – tensão nominal da rede;

$F_n (\text{rede})$  – frequência nominal da rede.

Esses dados obtidos durante o experimento, conforme a Tabela 13; comparando-se com os valores nominais do motor monofásico do laboratório logo abaixo, tem-se:

$$P = 0,18 \text{ KW (0,25 CV-HP)}$$

$$V = 110 / 220 \text{ V}$$

$$I = 4,90 / 2,45 \text{ A}$$

$$F = 60 \text{ Hz}$$

Pode-se observar que o primeiro experimento, partida de motor-bomba monofásica, o motor monofásico foi ligado na tensão de 220 V, esse dado se confirma pela medição obtida de tensão 217 V; essa oscilação (queda de tensão) já era esperado, pois se trata de (corrente alternada), os valores de tensão se alternam para mais ou para menos, quase que simultaneamente.

O valor da frequência medida se manteve em 60 Hz, coincidindo com os valores nominais da placa do motor.

Os valores medidos de corrente nominal ( $I_n$ ) e potência nominal ( $P_n$ ); respectivamente (2,04 A e 100 W) estão um pouco abaixo dos valores nominais da placa do motor (2,45 A e 180 W); esses parâmetros também já eram esperados, pois o motor parte à vazio (sem carga).

Comparando os valores medidos de corrente e potência entre si, tem-se respectivamente ( $I_n = 2,04$ ;  $\hat{I}(\text{pico}) = 4,70$  e  $P_n = 100 \text{ W}$ ,  $P(\text{pico}) = 540 \text{ W}$ ). Então, observa-se que a corrente

aumentou mais que o dobro e a potência mais que quintuplicou. Esses parâmetros alcançaram valores dentro da normalidade, pois sabe-se que na partida do motor (com carga), a corrente aumenta sete e até dez vezes a corrente nominal do motor; e a potência acompanha esse aumento. Tendo em vista que o motor está desacoplado (sem carga) e o mesmo é de baixa potência, os valores citados ficaram um tanto reduzidos.

## 7.2 (2º EXPERIMENTO): MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE CHAVE MAGNÉTICA PARA PARTIDA DE MOTOR-BOMBA TRIFÁSICA COM CHAVES DE BÓIA (COM COMANDO MANUAL E AUTOMÁTICO)

Segue a Tabela 14, onde está apresentado os parâmetros elétricos medidos durante o segundo (2º) experimento: Partida de Motor-Bomba Trifásica.

Tabela 14. Parâmetros elétricos medidos referente ao segundo (2º) experimento: Partida de motor-bomba trifásica.

PARÂMETROS			
CORRENTE	POTÊNCIA	TENSÃO	FREQUÊNCIA
In= 1,0 A	Pn= 120 W	Vn (rede)= 217 V~	Fn (rede)= 60 Hz
$\hat{I}(\text{pico})= 1,6 \text{ A}$	P(pico)= 140 W		

Fonte: Autoria Própria, 2019.

Onde:

In – corrente nominal;

$\hat{I}(\text{pico})$  – corrente de pico;

Pn – potência nominal;

P(pico) – potência de pico;

Vn (rede) – tensão nominal da rede;

Fn (rede) – frequência nominal da rede.

Esses dados obtidos durante o experimento, conforme a Tabela 14, comparando-se com os valores nominais do motor trifásico do laboratório, logo abaixo, tem-se:

P= 0,18 KW (0,25 CV-HP)

V= 220 /380 V

I= 1,14/0,66 A

F= 60 Hz

Pode-se observar que no segundo experimento, partida de motor-bomba trifásica, a tensão medida durante o experimento – (com o motor fechado para 220 V) – foi de 217 V, se aproximando do valor de tensão nominal da placa do motor. Contudo, essa queda de tensão já era esperada, pois se trata de (corrente alternada), os valores de tensão se alternam para mais ou para menos, quase que simultaneamente.

O valor da frequência medida se manteve em 60 Hz, coincidindo com o valor nominal da placa do motor.

Os valores medidos de corrente nominal ( $I_n$ ) e potência ( $P_n$ ), respectivamente (1,0 A e 120 W) estão um pouco abaixo dos valores nominais da placa do motor, que é de (1,14 a 180 W). Esses parâmetros estão coerentes, pois o motor parte (sai da inércia) sem carga.

Comparando os valores medidos de corrente e potência entre si, tem-se respectivamente ( $I_n = 1,0$  A;  $\hat{I}(\text{pico}) = 1,6$  A e  $P_n = 100$  W,  $P(\text{pico}) = 140$  W). Então, observa-se que tanto a corrente de pico, quanto a potência de pico aumentaram um pouco. Esses parâmetros alcançaram valores dentro da normalidade, pois sabe-se que na partida do motor (com carga), a corrente aumenta sete e até dez vezes a corrente nominal do motor, e a potência acompanha esse aumento.

Tendo em vista que o motor está desacoplado (sem carga) e o mesmo é de baixa potência, os valores citados ficaram um tanto reduzidos.

### 7.3 (3º EXPERIMENTO): MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE CHAVE MAGNÉTICA PARA PARTIDA DIRETA DE MOTOR TRIFÁSICO

Segue a Tabela 15, onde está apresentado os parâmetros elétricos medidos durante o terceiro (3º) experimento: Partida Direta de Motor Trifásico.

Tabela 15. Parâmetros elétricos medidos referente ao terceiro (3º) experimento: Partida direta de motor trifásico.

PARÂMETROS			
CORRENTE	POTÊNCIA	TENSÃO	FREQUÊNCIA
$I_n = 0,9$ A	$P_n = 59$ W	$V_n(\text{rede}) = 219$ V~	$F_n(\text{rede}) = 60$ Hz
$\hat{I}(\text{pico}) = 1,6$ A	$P(\text{pico}) = 100$ W		

Fonte: Autoria Própria, 2019.

Onde:

$I_n$  – corrente nominal;

$\hat{I}(\text{pico})$  – corrente de pico;

$P_n$  – potência nominal;

$P(\text{pico})$  – potência de pico;

$V_n(\text{rede})$  – tensão nominal da rede;

$F_n(\text{rede})$  – frequência nominal da rede.

Esses dados obtidos durante o experimento, conforme a Tabela 15, comparando-se com os valores nominais do motor trifásico do laboratório, tem-se:

$$P = 0,18 \text{ KW (0,25 CV-HP)}$$

$$V = 220 \text{ V/380 V}$$

$$I = 1,14 \text{ A/0,66 A}$$

$$F = 60 \text{ Hz}$$

Pode-se observar que no terceiro experimento, partida direta de motor trifásico, a tensão medida durante o experimento – (com o motor fechado para 220 V) – foi de 219 V, se aproximando do valor de tensão nominal da placa do motor. Contudo, essa queda de tensão já era esperada, pois se trata (de corrente alternada), os valores de tensão se alternam para mais ou para menos, quase que simultaneamente.

O valor da frequência medida se manteve em 60 Hz, coincidindo com o valor nominal da placa do motor.

Os valores medidos de corrente nominal ( $I_n$ ) e potência nominal ( $P_n$ ), respectivamente (0,9 A e 59 W) estão um pouco abaixo dos valores nominais da placa do motor (1,14 A e 180 W). Esses parâmetros estão coerentes, pois o motor parte (sai da inércia) sem carga.

Comparando os valores medidos de corrente e potência entre si, tem-se respectivamente ( $I_n = 0,9 \text{ A}$ ;  $\hat{I}(\text{pico}) = 1,6 \text{ A}$  e  $P_n = 59 \text{ W}$ ,  $P(\text{pico}) = 100 \text{ W}$ ). Então, observa-se que tanto a corrente de pico, quanto a potência de pico aumentaram um pouco. Esses parâmetros alcançaram valores dentro da normalidade, pois sabe-se que na partida de motor (com carga), a corrente aumenta sete e até dez vezes a corrente nominal do motor, e a potência acompanha esse aumento.

Tendo em vista que o motor está desacoplado (sem carga) e o mesmo é de baixa potência, os valores citados ficaram um tanto reduzidos.

#### 7.4 (4º EXPERIMENTO): MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE CHAVE MAGNÉTICA PARA PARTIDA DIRETA COM REVERSÃO DE MOTOR TRIFÁSICO

Segue a Tabela 16, onde está apresentado os parâmetros elétricos medidos durante o quarto (4º) experimento: Partida Direta com Reversão de Motor Trifásico.

Tabela 16. Parâmetros elétricos medidos referente ao quarto (4º) experimento: Partida direta com reversão de motor trifásico.

PARÂMETROS			
CORRENTE	POTÊNCIA	TENSÃO	FREQUÊNCIA
$I_n = 1,0 \text{ A}$	$P_n = 59 \text{ W}$	$V_n(\text{rede}) = 213 \text{ V} \sim$	$F_n(\text{rede}) = 60 \text{ Hz}$
$\hat{I}(\text{pico}) = 1,6 \text{ A}$	$P(\text{pico}) = 110 \text{ W}$		

Fonte: Autoria Própria, 2019.

Onde:

$I_n$  – corrente nominal;

$\hat{I}(\text{pico})$  – corrente de pico;

$P_n$  – potência nominal;

$P(\text{pico})$  – potência de pico;

$V_n(\text{rede})$  – tensão nominal da rede;

$F_n(\text{rede})$  – frequência nominal da rede.

Esses dados obtidos durante o experimento, conforme a tabela 16, comparando-se com os valores nominais do motor trifásico do laboratório, logo abaixo, tem-se:

$$P = 0,18 \text{ KW (0,25 CV-HP)}$$

$$V = 220 \text{ V/380 V}$$

$$I = 1,14 \text{ A/0,66 A}$$

$$F = 60 \text{ Hz}$$

Pode-se observar que no quarto experimento, partida direta com reversão de motor trifásico, a tensão medida durante o experimento – (com o motor fechado para 220 V) – foi de 213 V, se aproximando do valor de tensão nominal da placa do motor. Contudo, essa queda de tensão já era esperada, pois se trata de (corrente alternada), os valores de tensão se alternam para mais e para menos, quase que simultaneamente.

O valor da frequência medida se manteve em 60 Hz, coincidindo com o valor nominal da placa do motor.

Os valores medidos de corrente nominal ( $I_n$ ) e potência nominal ( $P_n$ ), respectivamente (1,0 A e 59 W) estão um pouco abaixo dos valores nominais da placa do motor (1,14 A e 180 W). Esses parâmetros estão coerentes, pois o motor parte à vazio (sem carga).

Comparando os valores medidos de corrente e potência entre si, tem-se respectivamente ( $I_n = 1,0 \text{ A}$ ;  $\hat{I}(\text{pico}) = 1,6 \text{ A}$  e  $P_n = 59 \text{ W}$ ,  $P(\text{pico}) = 110 \text{ W}$ ). Então observa-se que tanto a corrente de pico, quanto a potência de pico aumentaram um pouco. Esses parâmetros alcançaram valores dentro da normalidade, pois sabe-se que na partida do motor (com carga), a corrente aumenta sete e até dez vezes a corrente nominal do motor, e a potência acompanha esse aumento.

Tendo em vista que o motor está desacoplado (sem carga) e o mesmo é de baixa potência, os valores citados ficaram um tanto reduzidos.

Deve-se frisar que no 2º, 3º e 4º experimentos realizados até o momento, tratam-se de partidas diretas de motores trifásicos, por isso os parâmetros medidos ficaram bem próximos uns dos outros.

#### 7.5 (5º EXPERIMENTO): MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE CHAVE MAGNÉTICA PARA PARTIDA ESTRELA-TRIÂNGULO DE MOTOR TRIFÁSICO

Segue a Tabela 17, onde está apresentado os parâmetros elétricos medidos durante o quinto (5º) experimento: Partida Estrela-Triângulo de Motor Trifásico.

Tabela 17. Parâmetros elétricos medidos referente ao quinto (5º) experimento: Partida estrela-triângulo de motor trifásico.

PARÂMETROS			
CORRENTE	POTÊNCIA	TENSÃO	FREQUÊNCIA
$\hat{I}(\text{pico Y}) = 0,25 \text{ A}$	$P(\text{pico Y}) = 80 \text{ W}$	$V_n(\text{rede}) = 216 \text{ V} \sim$	$F_n(\text{rede}) = 60 \text{ Hz}$
$I(\text{Y}) = 0,10 \text{ A}$	$P(\text{Y}) = 20 \text{ W}$		
$I_n(\Delta) = 1,0 \text{ A}$	$P_n(\Delta) = 117 \text{ W}$		

Fonte: Aatoria Própria, 2019.

Onde:

$\hat{I}(\text{pico Y})$  – corrente de pico na partida estrela;

$I(\text{Y})$  – corrente em estrela após o pico (na partida);

$P(\text{pico Y})$  – potência de pico na partida estrela;

$P(\text{Y})$  – potência em estrela após o pico (na partida);

$I_n(\Delta)$  – corrente nominal do motor (no trabalho);

$P_n(\Delta)$  – potência nominal do motor (no trabalho);

$V_n(\text{rede})$  – tensão nominal da rede;

$F_n(\text{rede})$  – frequência nominal da rede.

Esses dados obtidos durante o experimento, conforme a Tabela 17, comparando-se com os valores nominais do motor trifásico do laboratório, logo abaixo, tem-se:

$$P= 0,18 \text{ KW (0,25 CV-HP)}$$

$$V= 220 \text{ V/380 V}$$

$$I= 1,14 \text{ A/0,66 A}$$

$$F= 60 \text{ Hz}$$

No quinto (5º) experimento - (Partida Estrela Triângulo de Motor Trifásico) – a tensão medida durante o experimento – (com motor fechado para 220 V) – foi de 216 V, se aproximando do valor de tensão nominal da placa do motor. Contudo, essa queda de tensão já era esperada, pois se trata de (corrente alternada), os valores de tensão se alternam para mais e para menos quase que simultaneamente.

O valor de frequência se manteve em 60 Hz, coincidindo com o valor nominal da placa do motor.

Os valores medidos de corrente nominal ( $I_n$ ) e potência nominal ( $P_n$ ), respectivamente (1,0 A e 117 W), estão um pouco abaixo dos valores nominais da placa do motor (1,14 A e 180 W). Esses parâmetros estão coerentes, pois o motor parte à vazio (sem carga).

A corrente de pico na partida estrela  $\hat{I}(\text{pico Y})= 0,25 \text{ A}$  e a potência de pico na partida estrela  $P(\text{pico Y})= 80 \text{ W}$ ; ficaram um pouco acima dos valores registrados após o pico (na partida

estrela), que são respectivamente,  $I(Y)=0,10 \text{ A}$  e  $P(Y)= 20 \text{ W}$ , isso é absolutamente normal, pois na partida do motor o esforço do campo eletromagnético é maior para retirá-lo da inércia.

Sabe-se que na partida estrela-triângulo, a corrente de partida é reduzida em até um terço ( $1/3$ ) da corrente nominal do motor. Então, considerando que o motor do laboratório é de baixa potência e o mesmo parte à vazio, sua corrente em estrela após o pico (na partida) é de  $I(Y)= 0,10 \text{ A}$ , ficou ainda mais reduzida em relação a corrente nominal do motor no trabalho ( $I_n(\Delta)=1,0 \text{ A}$ ). E a potência também acompanha esta análise, tendo seu valor de potência em estrela após o pico  $P(Y)= 20 \text{ W}$ , enquanto que a potência nominal do motor (no trabalho) foi de  $P_n(\Delta)= 117 \text{ W}$ .

Todos os valores observados nessa análise são bem coerentes, haja vista que o motor parte em estrela (Y), fechado para maior tensão (380 V), ou seja, com uma maior resistência

ôhmica dos seus enrolamentos, com isso a corrente na partida é amortecida (reduzida), “aliviando” o sistema elétrico.

#### 7.6 (6º EXPERIMENTO): MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE CHAVE MAGNÉTICA PARA PARTIDA ESTRELA-TRIÂNGULO COM REVERSÃO DE MOTOR TRIFÁSICO

Segue a Tabela 18, onde está apresentado os parâmetros elétricos medidos durante o sexto (6º) experimento: Partida Estrela-Triângulo com Reversão de Motor Trifásico.

Tabela 18. Parâmetros elétricos medidos referente ao sexto (6º) experimento: Partida estrela-triângulo com reversão de motor trifásico.

PARÂMETROS			
CORRENTE	POTÊNCIA	TENSÃO	FREQUÊNCIA
$\hat{I}(\text{pico } Y) = 0,25 \text{ A}$	$P(\text{pico } Y) = 80 \text{ W}$	$V_n(\text{rede}) = 217 \text{ V} \sim$	$F_n(\text{rede}) = 60 \text{ Hz}$
$I(Y) = 0,10 \text{ A}$	$P(Y) = 20 \text{ W}$		
$I_n(\Delta) = 1,0 \text{ A}$	$P_n(\Delta) = 117 \text{ W}$		

Fonte: Autoria Própria, 2019.

Onde:

$\hat{I}(\text{pico } Y)$  – corrente de pico na partida estrela;

$I(Y)$  – corrente em estrela após o pico (na partida);

$P(\text{pico } Y)$  – potência de pico na partida estrela;

$P(Y)$  – potência em estrela após o pico (na partida);

$I_n(\Delta)$  – corrente nominal do motor (no trabalho);

$P_n(\Delta)$  – potência nominal do motor (no trabalho);

$V_n(\text{rede})$  – tensão nominal da rede;

$F_n(\text{rede})$  – frequência nominal da rede.

Esses dados obtidos durante o experimento, conforme a Tabela 18, comparando-se com os valores nominais do motor trifásico do laboratório, logo abaixo, tem-se:

$P = 0,18 \text{ KW (CV-HP)}$ ;

$V = 220 \text{ V}/380 \text{ V}$ ;

$I = 1,14 \text{ A}/0,66 \text{ A}$ ;

$F = 60 \text{ Hz}$

No sexto (6º) experimento - (Partida Estrela Triângulo com Reversão de Motor Trifásico) – a tensão medida durante o experimento – (com motor fechado para 220 V) – foi de 216 V, se aproximando do valor de tensão nominal da placa do motor. Contudo, essa queda de tensão já era esperada, pois se trata de (corrente alternada), os valores de tensão se alternam para mais e para menos quase que simultaneamente.

O valor de frequência se manteve em 60 Hz, coincidindo com o valor nominal da placa do motor.

Os valores medidos de corrente nominal ( $I_n$ ) e potência nominal ( $P_n$ ), respectivamente (1,0 A e 117 W), estão um pouco abaixo dos valores nominais da placa do motor (1,14 A e 180 W). Esses parâmetros estão coerentes, pois o motor parte à vazio (sem carga).

A corrente de pico na partida estrela  $\hat{I}(\text{pico } Y) = 0,25 \text{ A}$  e a potência de pico na partida estrela  $P(\text{pico } Y) = 80 \text{ W}$ ; ficaram um pouco acima dos valores registrados após o pico (na partida estrela), que são respectivamente,  $I(Y) = 0,10 \text{ A}$  e  $P(Y) = 20 \text{ W}$ , isso é absolutamente normal, pois na partida do motor o esforço do campo eletromagnético é maior para retirá-lo da inércia.

Sabe-se que na partida estrela-triângulo, a corrente de partida é reduzida em até um terço ( $1/3$ ) da corrente nominal do motor. Então, considerando que o motor do laboratório é de baixa potência e o mesmo parte à vazio, sua corrente em estrela após o pico (na partida) é de  $I(Y) = 0,10 \text{ A}$ , ficou ainda mais reduzida em relação a corrente nominal do motor no trabalho ( $I_n(\Delta) = 1,0 \text{ A}$ ). E a potência também acompanha esta análise, tendo seu valor de potência em estrela após o pico  $P(Y) = 20 \text{ W}$ , enquanto que a potência nominal do motor (no trabalho) foi de  $P_n(\Delta) = 117 \text{ W}$ .

Todos os valores observados nessa análise são bem coerentes, haja vista que o motor parte em estrela (Y), fechado para maior tensão (380 V), ou seja, com uma maior resistência ôhmica dos seus enrolamentos, com isso a corrente na partida é amortecida (reduzida), “aliviando” o sistema elétrico.

Deve-se salientar que nesse experimento tanto as medições dos parâmetros, quanto a análise nos dois sentidos de rotação do motor é a mesma.

## 7.7 (7º EXPERIMENTO): MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE CHAVE MAGNÉTICA PARA PARTIDA COMPENSADA DE MOTOR TRIFÁSICO

Segue a Tabela 19, onde está apresentado os parâmetros elétricos medidos durante o sétimo (7º) experimento: Partida Compensada de Motor Trifásico.

Tabela 19. Parâmetros elétricos medidos referente ao sétimo (7º) experimento: Partida compensada de motor trifásico.

PARÂMETROS			
CORRENTE	POTÊNCIA	TENSÃO	FREQUÊNCIA
$\hat{I}(\text{pico C})= 2,6 \text{ A}$	$P(\text{pico C})= 420 \text{ W}$	$V_n(\text{rede})= 217 \text{ V}\sim$	$F_n(\text{rede})= 60 \text{ Hz}$
$I(\text{após C})= 2,0 \text{ A}$	$P(\text{após C})= 420 \text{ W}$		
$I_n= 1,0 \text{ A}$	$P_n= 140 \text{ W}$		

Fonte: Autoria Própria, 2019.

Onde:

$\hat{I}(\text{pico C})$  – corrente de pico na compensação;

$I(\text{após C})$  – corrente após o pico na compensação;

$P(\text{pico C})$  – potência de pico na compensação;

$P(\text{após C})$  – potência após o pico na compensação.

$I_n$  – corrente nominal do motor (no trabalho);

$P_n$  – potência nominal do motor (no trabalho);

$V_n$  – tensão nominal da rede;

$F_n$  – frequência nominal da rede.

Esses dados obtidos durante o experimento, conforme a Tabela 19, comparando-se com os valores nominais do motor trifásico do laboratório, logo abaixo, tem-se:

$$P= 0,18 \text{ KW (0,25 CV-HP)}$$

$$V= 220 \text{ V/380 V}$$

$$I= 1,14 \text{ A/0,66 A}$$

$$F= 60 \text{ Hz}$$

No sétimo (7º) experimento – (Partida Compensada de Motor Trifásico) – a tensão medida durante o experimento – (com o motor fechado para 220 V) – foi de 217 V, se aproximando do valor de tensão nominal da placa do motor. Contudo, essa queda de tensão já era esperada, pois se trata de (corrente alternada), os valores de tensão se alternam para mais e para menos quase que simultaneamente.

O valor de frequência se manteve em 60 Hz, coincidindo com o valor nominal da placa do motor.

Os valores medidos de corrente nominal ( $I_n$ ) e potência nominal ( $P_n$ ), respectivamente (1,0 A e 140 W), estão um pouco abaixo dos valores nominais da placa do motor (1,14 A e 180 W). Esses parâmetros estão coerentes, pois o motor está à vazio (sem carga) e nesse momento o autotransformador trifásico de partida está fora do circuito.

Notadamente, nesse experimento foi possível observar que tanto os valores de pico, quanto os valores após o pico (na compensação) de (corrente e potência) – são estes  $\hat{I}(\text{pico C})= 2,6$  A,  $I(\text{após C})= 2,0$  A,  $P(\text{pico C})= 420$  W e  $P(\text{após C})= 420$  W; ficaram acima dos valores nominais da placa do motor (1,0 A e 180 W); quando o normal seria ficar abaixo destes. Esse fato ocorreu porque foi adicionado no sistema trifásico a potência do autotransformador trifásico de partida além da potência já existente do motor.

Portanto, conclui-se que a partida compensada não é satisfatória para um motor de baixa potência.

Geralmente, em média esse sistema de partida é recomendado para motores de potência de 15 cv até 30 cv.

#### 7.8 (8º EXPERIMENTO): MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE CHAVE MAGNÉTICA PARA PARTIDA COMPENSADA COM REVERSÃO DE MOTOR TRIFÁSICO

Segue a Tabela 20, onde está apresentado os parâmetros elétricos medidos durante o oitavo (8º) experimento: Partida Compensada com Reversão de Motor Trifásico.

Tabela 20. Parâmetros elétricos medidos referente ao oitavo(8º) experimento: Partida compensada com reversão de motor trifásico.

PARÂMETROS			
CORRENTE	POTÊNCIA	TENSÃO	FREQUÊNCIA
$\hat{I}(\text{pico C})= 2,6$ A	$P(\text{pico C})= 420$ W	$V_n(\text{rede})= 220$ V~	$F_n(\text{rede})= 60$ Hz
$I(\text{após C})= 2,0$ A	$P(\text{após C})= 420$ W		
$I_n= 1,0$ A	$P_n= 140$ W		

Fonte: Autoria Própria, 2019.

Onde:

$\hat{I}(\text{pico C})$  – corrente de pico na compensação;

$I(\text{após C})$  – corrente após o pico na compensação;

$P(\text{pico C})$  – potência de pico na compensação;

$P(\text{após C})$  – potência após o pico na compensação;

$I_n$  – corrente nominal do motor no trabalho;  
 $P_n$  – potência nominal do motor no trabalho;  
 $V_n(\text{rede})$  – tensão nominal da rede;  
 $F_n(\text{rede})$  – frequência nominal da rede.

Esses dados obtidos durante o experimento, conforme a Tabela 20, comparando-se com os valores nominais do motor trifásico do laboratório, logo abaixo, tem-se:

$P = 0,18 \text{ KW (0,25 CV-HP)}$   
 $V = 220 \text{ V/380 V}$   
 $I = 1,14 \text{ A/0,66 A}$   
 $F = 60 \text{ Hz}$

No oitavo (8º) experimento – (Partida Compensada com Reversão de Motor Trifásico) – a tensão medida durante o experimento – (com o motor fechado para 220 V) – Foi de 220 V, dando exatamente o mesmo valor da tensão nominal da placa do motor.

O valor da frequência se manteve em 60 Hz, coincidindo com o valor nominal da placa do motor.

Os valores medidos de corrente nominal ( $I_n$ ) e potência nominal ( $P_n$ ), respectivamente (1,0 A e 140 W), estão um pouco abaixo dos valores nominais da placa do motor (1,14 A e 180 W). Esses parâmetros estão coerentes, pois o motor está à vazio (sem carga) e nesse momento o autotransformador trifásico de partida está fora do circuito.

Notadamente, nesse experimento foi possível observar que tanto os valores de pico, quanto os valores após o pico (na compensação) de (corrente e potência) – são estes  $\hat{I}(\text{pico C}) = 2,6 \text{ A}$ ,  $I(\text{após C}) = 2,0 \text{ A}$ ,  $P(\text{pico C}) = 420 \text{ W}$  e  $P(\text{após C}) = 420 \text{ W}$ ; ficaram acima dos valores nominais da placa do motor (1,14 A e 180 W); quando o normal seria ficar abaixo destes. Esse fato ocorreu porque foi adicionado no sistema trifásico a potência do autotransformador trifásico de partida além da potência já existente do motor.

Portanto, conclui-se que nesse oitavo experimento (que a partida compensada) não é satisfatória para um motor de baixa potência.

Geralmente, em média esse sistema de partida é recomendado para motores de potência de 15 cv a 30 cv.

Deve-se salientar que nesse experimento tanto as medições dos parâmetros, quanto a análise, nos dois sentidos de rotação do motor é a mesma.

### 7.9 (9º EXPERIMENTO): MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE CHAVE MAGNÉTICA PARA PARTIDA DIRETA COM REVERSÃO DE MOTOR TRIFÁSICO COM FRENAGEM POR CORRENTE ALTERNADA (CA)

Segue a Tabela 21, onde está apresentado os parâmetros elétricos medidos durante o nono (9º) experimento: Partida Direta com Reversão de Motor Trifásico com Frenagem por Corrente Alternada (CA).

Tabela 21. Parâmetros elétricos medidos referente ao nono (9º) experimento: Partida direta com reversão de motor trifásico com frenagem por corrente alternada (CA).

PARÂMETROS			
CORRENTE	POTÊNCIA	TENSÃO	FREQUÊNCIA
$\hat{I}(\text{pico})= 1,6 \text{ A}$	P( de frenagem)= 200 W	Vn(rede)= 220V~	Fn(rede)= 60 Hz
I (de frenagem)= 2,2 A			
In= 1,0 A	Pn= 120 W		

Fonte: Autoria Própria, 2019.

Onde:

$\hat{I}(\text{pico})$  - corrente de pico;

I(de frenagem) – corrente de frenagem;

P(de frenagem) – potência de frenagem;

In – corrente nominal;

Pn – potência nominal;

Vn(rede) – tensão nominal da rede;

Fn(rede) – frequência nominal da rede.

Esses dados obtidos durante o experimento, conforme a Tabela 21, comparando-se com os valores nominais do motor trifásico do laboratório, logo abaixo, tem-se:

$$P= 0,18 \text{ KW (0,25 CV-HP)}$$

$$V= 220 \text{ V/380 V}$$

$$I= 1,14 \text{ A/0,66 A}$$

$$F= 60 \text{ Hz}$$

No nono (9º) experimento – (Partida Direta com Reversão de Motor Trifásico com Frenagem por Corrente Alternada (CA) – a tensão medida durante o experimento – (com o

motor fechado para 220 V) – foi de 220 V, dando exatamente o mesmo valor da tensão nominal da placa do motor.

O valor da frequência se manteve em 60 Hz, coincidindo com o valor nominal da placa do motor.

Os valores medidos de corrente nominal ( $I_n$ ) e potência nominal ( $P_n$ ), respectivamente (1,0 A e 120 W), estão um pouco abaixo dos valores nominais da placa do motor (1,14 A e 180 W). Esses parâmetros estão coerentes, pois o motor está à vazio (sem carga).

Os valores de corrente e de potência durante a frenagem foram respectivamente (2,2 A e 200 W), dando maiores que os valores nominais da placa do motor (1,14 A e 180 W). Os valores medidos durante a frenagem são aceitáveis, pois no momento de a frenagem inserir-se uma corrente contrária, gerando um campo eletromagnético inverso, este campo atua freando o rotor do motor e conseqüentemente a corrente e a potência aumentam de valor.

Deve-se destacar que no sentido inverso de rotação do motor, a análise feita é a mesma.

#### 7.10 (10º EXPERIMENTO): MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE CHAVE MAGNÉTICA PARA PARTIDA COMPENSADA E CONSECUTIVA DE TRÊS (3) MOTORES TRIFÁSICOS

Segue a Tabela 22, onde está apresentado os parâmetros elétricos medidos durante o décimo (10º) experimento: Partida Compensada e Consecutiva de Três (3) Motores Trifásicos.

Tabela 22. Parâmetros elétricos medidos referente ao décimo (10º) experimento: Partida compensada e consecutiva de três (3) motores trifásicos.

<b>PARÂMETROS</b>			
<b>CORRENTE</b>	<b>POTÊNCIA</b>	<b>TENSÃO</b>	<b>FREQUÊNCIA</b>
$I_n(3 \text{ mot.}) = 2,4 \text{ A}$	$P_n(3 \text{ mot.}) = 410 \text{ W}$	$V_n(\text{rede}) = 219 \text{ V} \sim$	$F_n(\text{rede}) = 60 \text{ z}$
Considerando o funcionamento do (1º motor a 100%) e o (2º motor) partindo compensado			
<b>CORRENTE</b>		<b>POTÊNCIA</b>	
$I(1^\circ \text{ mot. } 100\% \text{ e } 2^\circ \text{ C}) = 2,9 \text{ A}$		$P(1^\circ \text{ mot. } 100\% \text{ e } 2^\circ \text{ C}) = 460 \text{ W}$	
Considerando o funcionamento dos (dois motores a 100%) e o (3º motor) partindo compensado			
<b>CORRENTE</b>		<b>POTÊNCIA</b>	
$I(2 \text{ mot. } 100\% \text{ e } 3^\circ \text{ C}) = 3,6 \text{ A}$		$P(2 \text{ mot. } 100\% \text{ e } 3^\circ \text{ C}) = 490 \text{ W}$	

Fonte: Autoria Própria, 2019.

Onde:

$I_n(3 \text{ mot.})$  – corrente nominal dos três motores funcionando a 100%;

$P_n(3 \text{ mot.})$  – potência nominal dos três motores funcionando a 100%;

$V_n(\text{rede})$  – tensão nominal da rede;

$F_n(\text{rede})$  – frequência nominal da rede;

$I(1^\circ \text{ mot. } 100\% \text{ e } 2^\circ \text{ C})$  – corrente do primeiro motor funcionando a 100% e o segundo motor partindo compensado;

$P(1^\circ \text{ mot. } 100\% \text{ e } 2^\circ \text{ C})$  – potência do primeiro motor funcionando a 100 % e o segundo motor partindo compensado;

$I(2 \text{ mot. } 100\% \text{ e } 3^\circ \text{ C})$  – corrente de dois motores funcionando a 100% eo terceiro motor partindo compensado;

$P(2 \text{ mot. } 100\% \text{ e } 3^\circ \text{ C})$  –potência de dois motores funcionando a 100% e o terceiro motor partindo compensado.

Esses dados obtidos durante o experimento, conforme a Tabela 22, comparando-se com os valores nominais do motor trifásico do laboratório, logo abaixo, tem-se:

$P= 0,18 \text{ KW } (0,25 \text{ CV-HP})$

$V= 220 \text{ V}/380 \text{ V}$

$I= 1,14 \text{ A}/0,66 \text{ A}$

$F= 60 \text{ Hz}$

No décimo experimento – (Partida Compensada e Consecutiva de Três (3) Motores Trifásicos) – a tensão medida durante o experimento – (com o motor fechado para 220 V) – foi de 219 V, se aproximando bem do valor da tensão nominal da placa do motor.

O valor da frequência se manteve em 60 Hz, coincidindo com o valor nominal da placa do motor.

1º Caso) Considerando o funcionamento do (1º motor a 100%) e o (2º motor) partindo compensado, tanto a corrente medida (2,9 A), quanto a potência medida (460 W), são aceitáveis, levando em consideração que nesse momento, há mais carga no sistema, em vez de apenas um motor.

2º Caso) Considerando o funcionamento de (dois motores a 100%) e o (3º motor) partindo compensado, tem-se respectivamente os valores de corrente e potência (3,6 A e 490 W). Tem-se um aumento de carga em relação ao 1º Caso, o que foi provado pelo registro dos aparelhos (3,6 A e 490 W).

Quando o autotransformador de partida sai do circuito, ficando apenas os três motores funcionando a 100%, tem-se o multímetro e o wattímetro registrando respectivamente (2,4 A e

410 W); que são parâmetros aceitáveis, pois nesse momento há carga de três motores trifásicos no sistema.

### 7.11 ANÁLISE ENTRE OS TRÊS MÉTODOS DE PARTIDAS (DIRETA, ESTRELA-TRIÂNGULO E COMPENSADA)

Levando em consideração que o motor em teste no laboratório foi um motor trifásico de baixa potência (1 CV) e o mesmo parte à vazio (desacoplado); tendo os seguintes valores nominais de placa;

$$P = 0,18 \text{ KW (0,25 CV-HP)}$$

$$V = 220 \text{ V/380 V}$$

$$I = 1,14 \text{ A/0,66 A}$$

$$F = 60 \text{ Hz}$$

Dessa forma, analisando os resultados dos três métodos citados no decorrer deste trabalho; (Partida Direta, Partida Estrela-Triângulo e Partida Compensada), considerando a corrente e a potência de pico (na partida) de cada caso, tem-se:

1º Caso) Partida Direta

$$\hat{I}(\text{pico}) = 1,6 \text{ A e } P(\text{pico}) = 100 \text{ W}$$

2º Caso) Partida Estrela-Triângulo

$$\hat{I}(\text{pico Y}) = 0,25 \text{ A e } P(\text{pico Y}) = 80 \text{ W}$$

3º Caso) Partida Compensada

$$\hat{I}(\text{pico C}) = 2,6 \text{ A e } P(\text{pico C}) = 420 \text{ W}$$

Onde:

$\hat{I}(\text{pico})$  – corrente de pico;

$P(\text{pico})$  – potência de pico;

$\hat{I}(\text{pico Y})$  – corrente de pico na partida estrela;

$P(\text{pico Y})$  – potência de pico na partida estrela;

$\hat{I}(\text{pico C})$  – corrente de pico na compensação;

$P(\text{pico C})$  – potência de pico na compensação.

Contudo, chegou-se a definição que dentre os três métodos de partida de motor apresentadas neste trabalho, o método que se mostrou mais eficiente foi a (Partida Estrela-Triângulo), cujo os valores de corrente e de potência na partida em (estrela) foram de  $\hat{I}(\text{pico } Y) = 0,25 \text{ A}$  e  $P(\text{pico } Y) = 80 \text{ W}$ ; “aliviando” consideravelmente a rede elétrica; cumprindo a finalidade a qual este método de partida se propõem.

## 8 CONCLUSÃO

O presente trabalho apresentou os componentes elétricos industriais integrantes dos 10 (dez) experimentos de partidas de motores utilizando chaves magnéticas realizados em laboratório, dando uma visão das suas funcionalidades, aplicações e especificações técnicas, vindo a facilitar o entendimento dos sistemas de partida de motores como um todo.

Foi abordado neste trabalho os dez principais métodos de partidas de motores de indução, utilizando chaves magnéticas presentes nas indústrias de todo o mundo. Dentre os métodos mais utilizados destacou-se as partidas (direta, estrela-triângulo e compensada), onde através da análise dos seus parâmetros de (corrente e potência) de pico, definiu-se o método mais eficiente, em detrimento aos três métodos citados; que foi a partida estrela-triângulo.

Notadamente, os diagramas elétricos projetados no software CADe SIMU vieram a facilitar a interpretação dos métodos de partidas de motores, ampliando ainda mais o leque da prática das suas aplicações voltadas para as indústrias.

Contudo, espera-se que este trabalho de monografia venha a alcançar à todas as pessoas (estudantes, técnicos e engenheiros) atuantes ou não na área elétrica industrial; e despertá-las para o quão é importante para a economia mundial, os métodos de partidas de motores de indução.

Tendo em vista a necessidade cada vez maior de métodos mais eficientes de partidas de motores de indução, ou seja, que gastam menos energia, e que seja possível o monitoramento e análise mais criteriosa dos seus parâmetros elétricos, cito como trabalhos futuros; Partidas de motores de indução e análise dos parâmetros elétricos utilizando o softstart , inversor de frequência e o controlador lógico programável (clp).

## REFERÊNCIAS

BOYLESTARD, Robert L. – **Introdução à Análise de Circuitos** – Prentice Hall/Pearson, 10ª. Ed, 2004.

CADe SIMU - Software simulador, Versão 1.0, 2001.

CHARLES, K. A.; SADIKU, M. N. O. – **Fundamentos de Circuitos Elétricos** – AMGH Editora Ltda, 5ª. Ed, 2013.

FITZGERALD, A.E.; KINGSLEY, C. JR – **MÁQUINAS ELÉTRICAS** – 6ª Edição. EDITORA BOOKMAN, 2006.

KOSOV, I. L. **Máquinas Elétricas e Transformadores**- 8ª Ed. São Paulo, Globo, 1989.

MARCONI M.de A.; LAKATOS, E. M. Fundamentos de metodologia científica, 7. Ed. – São Paulo: Atlas, 2010.

MAMEDE FILHO, J. **Instalações Elétricas Industriais** – 6ª Ed. Rio de Janeiro, LTC, 2001.

MINAYO, M.C. de S. **O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde**.5 ed. São Paulo: Hucitec, 2000.

NILSSON, J. W.;RIEDEL S. A. – **CircuitosElétricos** – Prentice Hall/Pearson, 8ª. Ed, 2008.

SENAI. **Coleção Básica Senai de Comandos Elétricos**: SENAI – DN, 1980.

WEG. Manual de especificação weg – 22ª Edição, 2019

Informações obtidas de home Page:

<<https://www.saladaeletrica.com.br>>. Acesso em 10 de setembro de 2019.

<<https://innovacable.com.br/home-page/caboscomandos/>>. Acesso em 11 de setembro de 2019.

<<https://mundodaeletrica.com.br/categoriasdemultimetros/>>. Acesso em 12 de setembro de 2019.

<<https://www.saladaeletrica.com.br/as-6-principais-cores-de-botoeiras-e-sinaleiras/>>. Acesso em 13 de setembro de 2019.

<<https://www.legrand.com.br/blog/noticias/referencias/disjuntores-esses-incompreendidos>>. Acesso em 14 de setembro de 2019.

<<https://www.saladaeletrica.com.br/disjuntores/>>. Acesso em 15 de setembro de 2019.

<<https://www.eletriccaseind.wixsite.com/eletricidademoderna/single-post/2016/06/05/DTM-Disjuntores-TermoMagnético>>. Acesso em 16 de setembro de 2019.

<<https://athoseletronics.com/dispositivo-dr-como-funciona>>. Acesso em 17 de setembro de 2019.

<<https://www.saladaeletrica.com.br/fusivel>>. Acesso em 18 de setembro de 2019.

<<https://www.sabereletrica.com.br>>. Acesso em 19 de setembro de 2019.

<<https://riocontrol.com.br/cp/control/controladores-de-nivel-para-liquidos/>>. Acesso em 20 de setembro de 2019.

<<https://www.mundodaeletrica.com.br/os-contatores-o-que-são/>>. Acesso em 21 de setembro de 2019.

<<https://www.saladaeletrica.com.br/rele-termico/>>. Acesso em 22 de setembro de 2019.

<<https://capitalrefrig.com.br/rele-temporizador-weg-rtw01-u300se40-1na>>. Acesso em 23 de setembro de 2019.

<<https://eletricasenai2011.blogspot.com/2011/06/vista-expandida-de-motor-monofásico.html>>. Acesso em 01 de outubro de 2019.

<<https://ensinandoeletrica.blogspot.com/2012/01/fechamentos-de-motores-eletricos.html>>. Acesso em 05 de outubro de 2019.

<<https://www.saladaeletrica.com.br/maquinas-na-eletrica-industrial/>>. Acesso em 20 de outubro de 2019.

## APÊNDICES

Apêndice A - Fotos de laboratório

Partida de motor-bomba monofásica



Fonte: Autoria própria

Partida de motor-bomba trifásica



Fonte: Autoria própria

Partida direta de motor trifásico



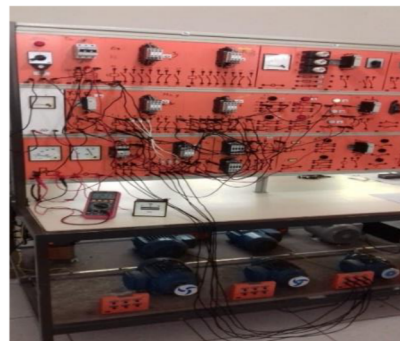
Fonte: Autoria própria

Partida direta com reversão de motor trifásico



Fonte: Autoria própria

Partida estrela-triângulo de motor trifásico



Fonte: Autoria própria

Partida estrela-triângulo com reversão de motor trifásico



Fonte: Autoria própria

Partida compensada de motor trifásico



Fonte: Autoria própria

Partida compensada com reversão de motor trifásico



Fonte: Autoria própria

alternada (CA)

Partida direta com reversão de motor trifásico com frenagem por corrente



Fonte: Autoria própria

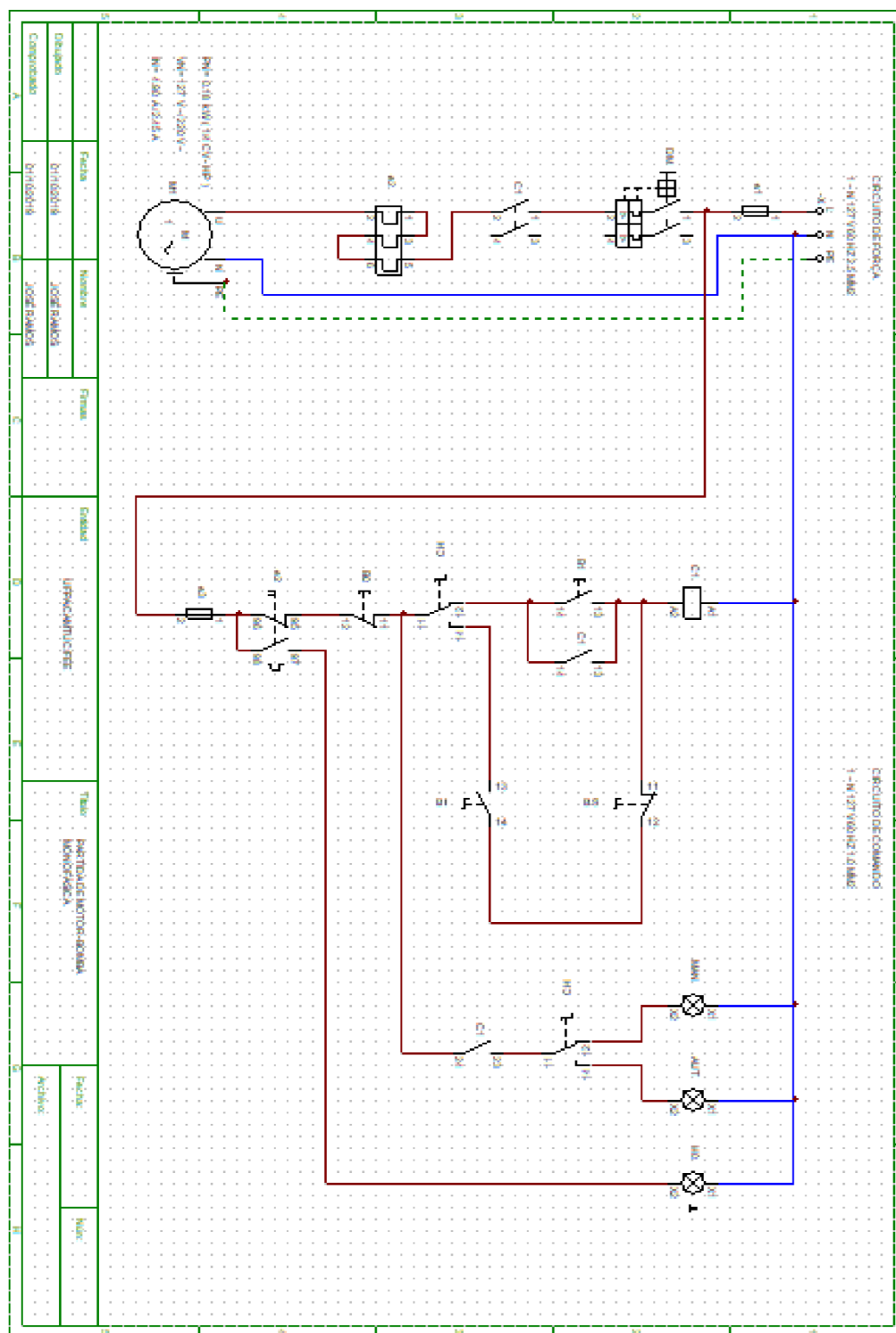
Partida compensada e consecutiva de três (3) motores trifásicos



Fonte: Autoria própria

## APÊNDICE B - DIAGRAMAS ELÉTRICOS REALIZADOS NO CADe SIMU

Figura 48. Partida de motor-bomba monofásico.

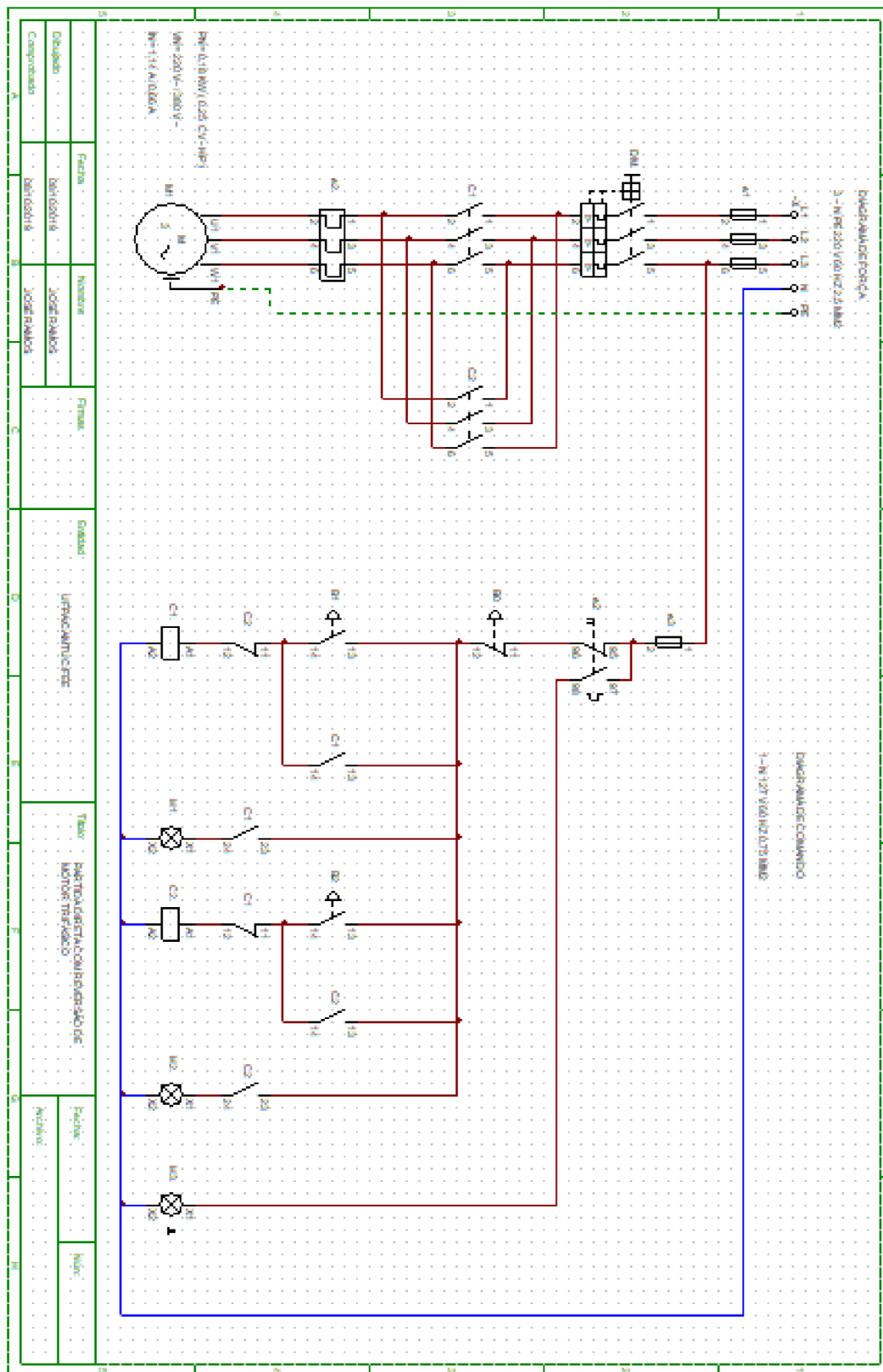


Fonte: Autoria própria



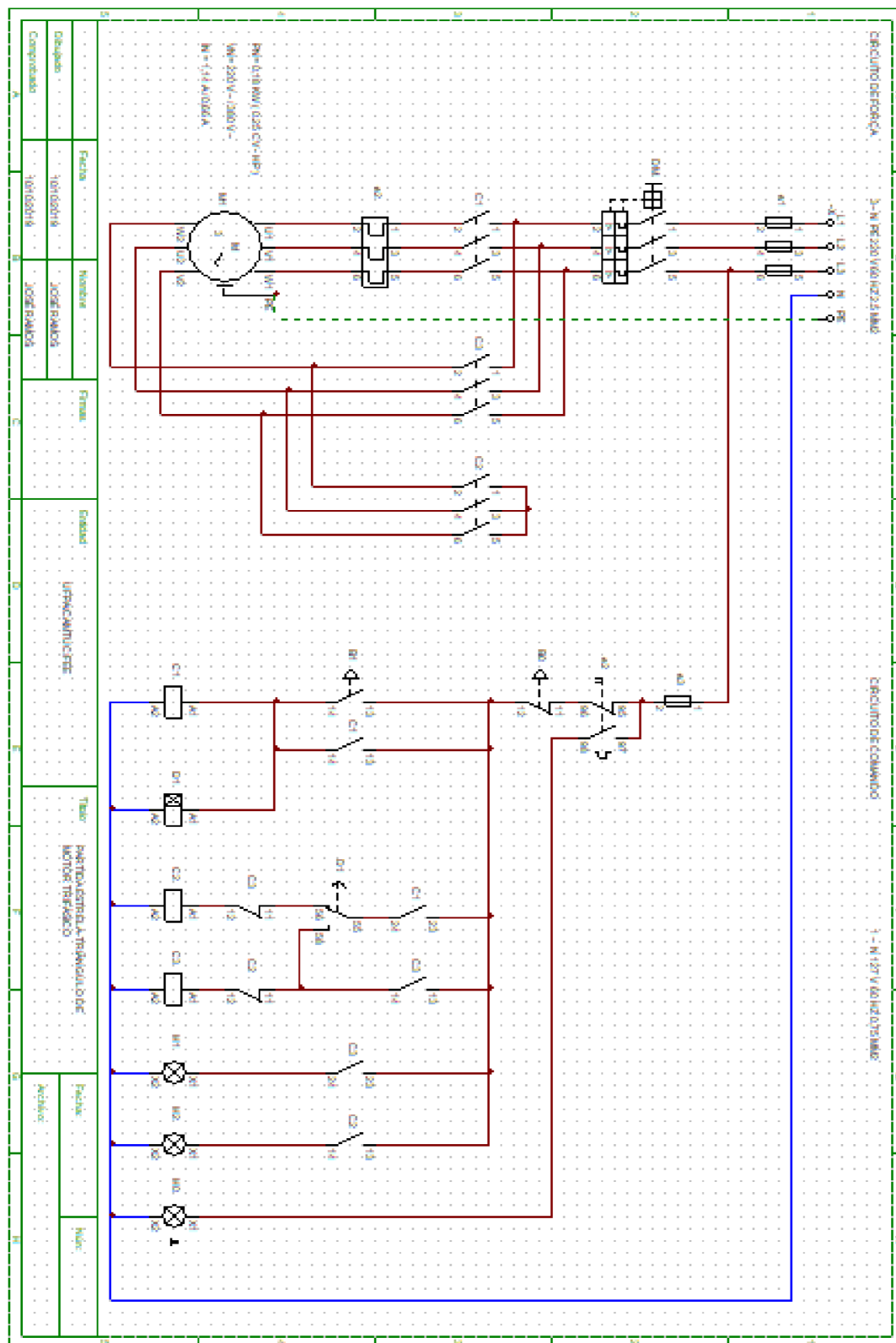


Figura 51. Partida direta com reversão de motor trifásico.



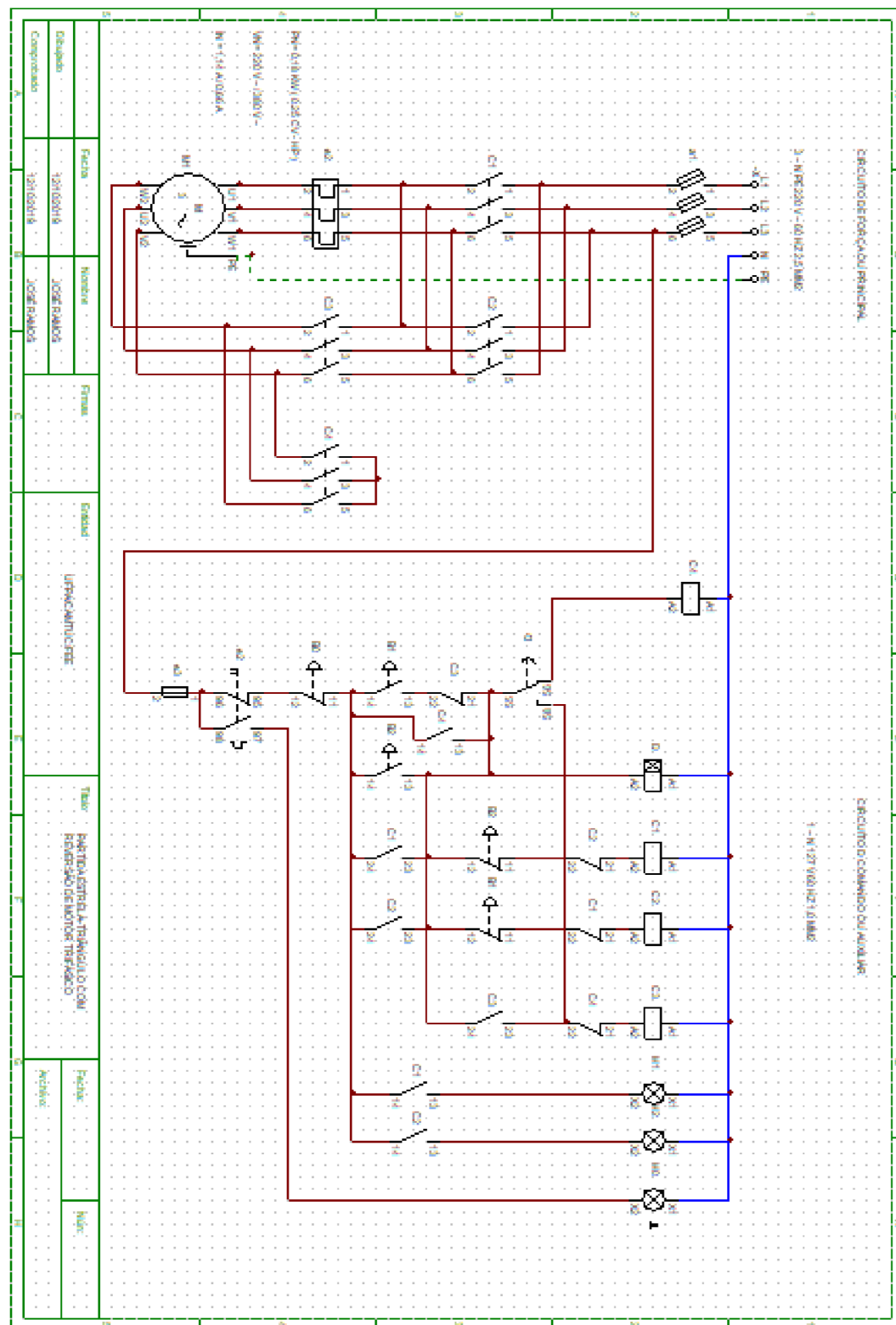
Fonte: Autoria própria

Figura 52. Partida estrela-triângulo de motor trifásico.



Fonte: Autoria própria

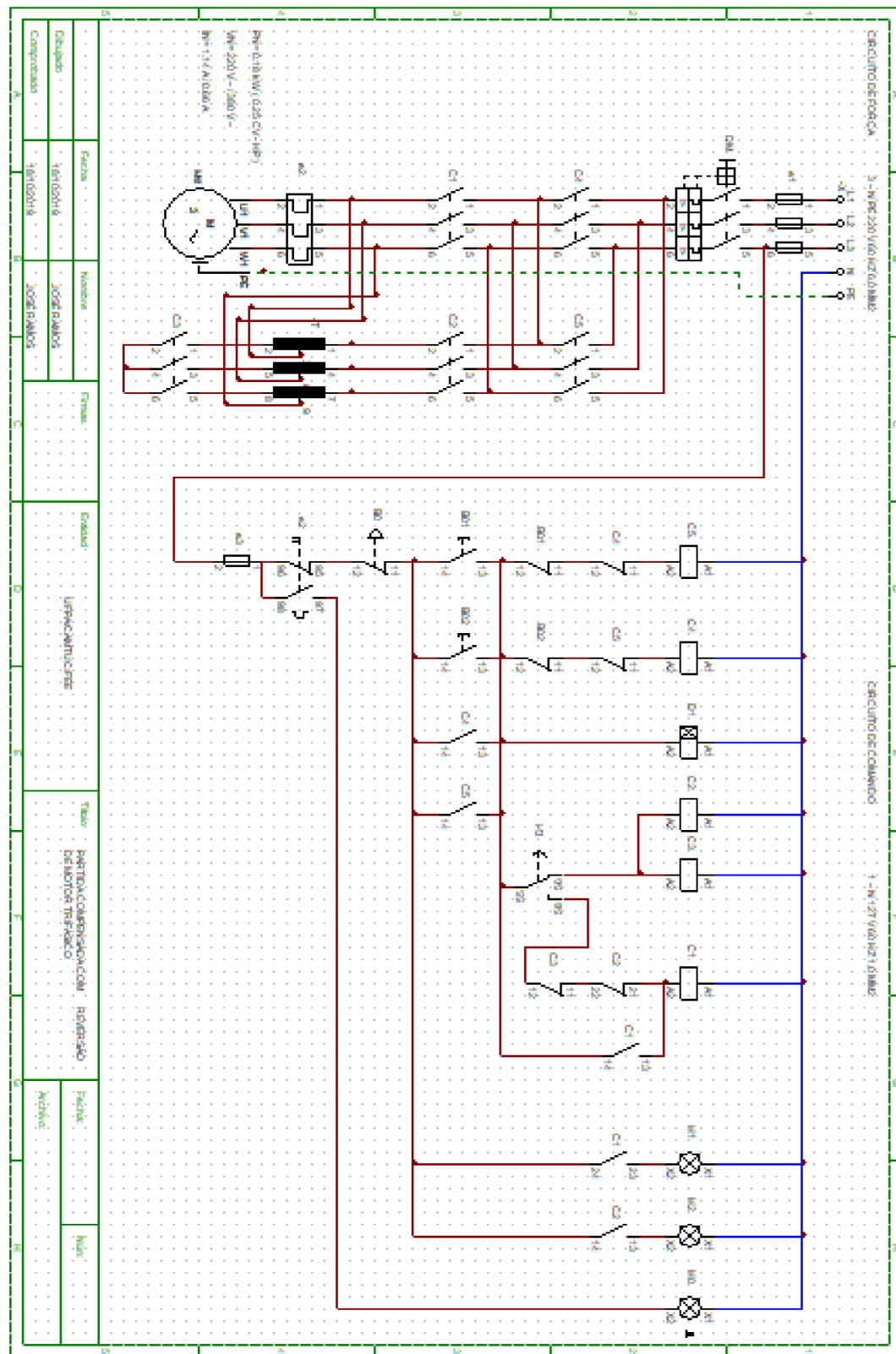
Figura 53. Partida estrela-triângulo com reversão de motor trifásico.



Fonte: Autoria própria

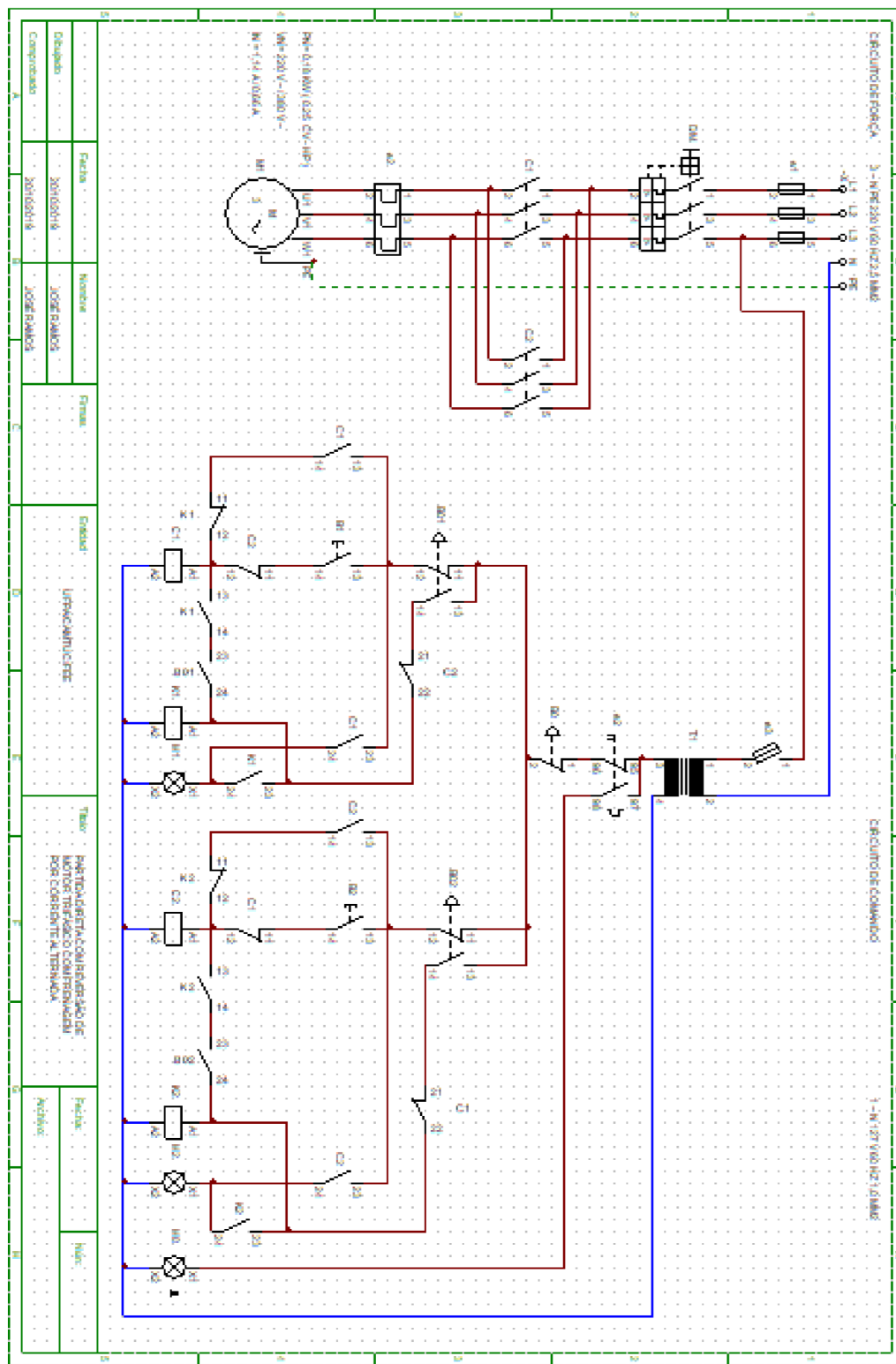


Figura 55. Partida compensada com reversão de motor trifásico.



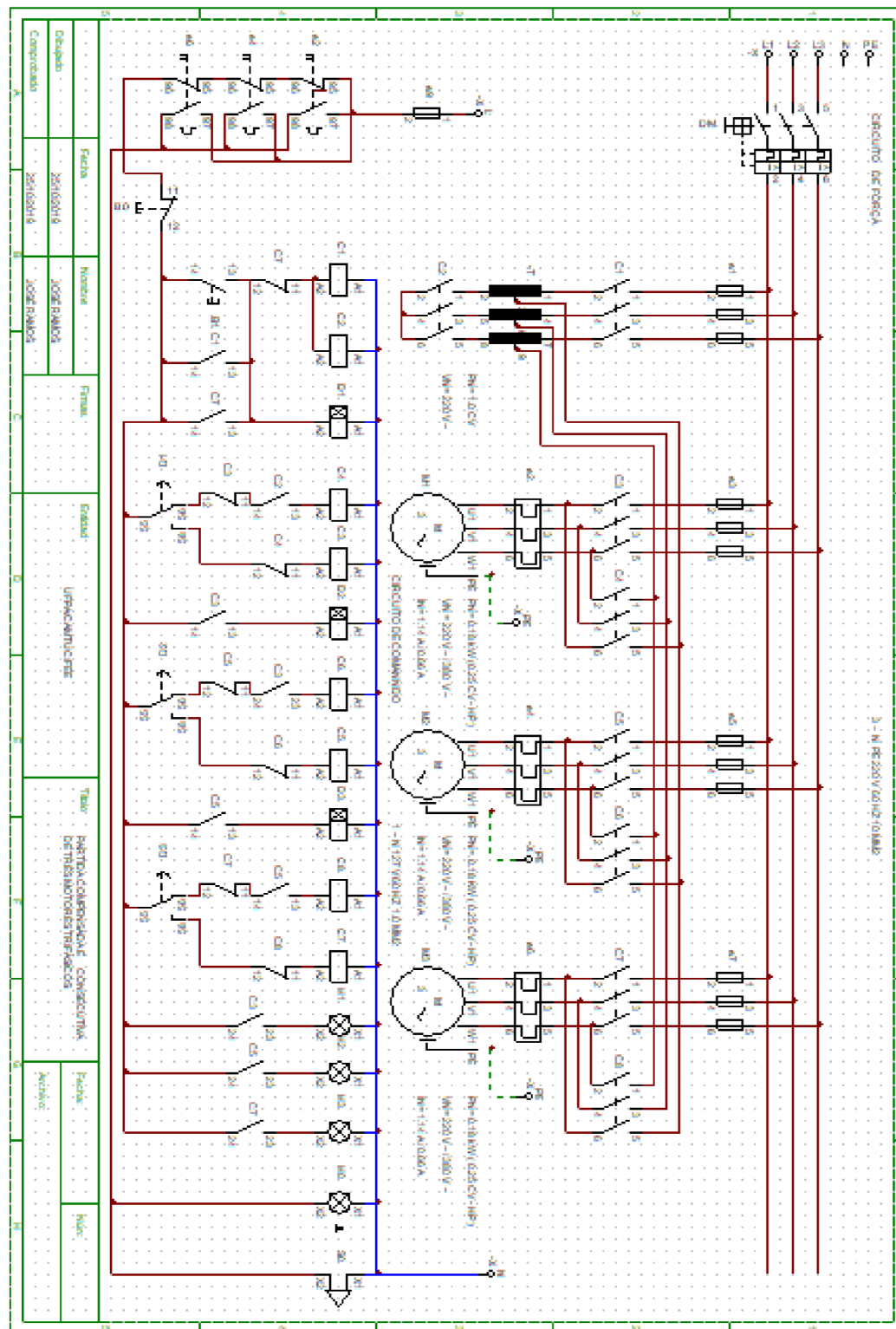
Fonte: Autoria própria

Figura 56. Partida direta com reversão de motor trifásico com frenagem por corrente alternada (CA).



Fonte: Autoria própria

Figura 57. Partida compensada e consecutiva de três (3) motores trifásicos.



Fonte: Autoria própria