



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO - UFOP**

**ESCOLA DE MINAS  
COLEGIADO DO CURSO DE ENGENHARIA  
DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO - CECAU**



**TIAGO ESTEVÃO GUIMARÃES**

**APLICAÇÕES PRÁTICAS E DIDÁTICAS DA UTILIZAÇÃO DOS  
SOFTWARES CADE SIMU E PC SIMU PARA A SIMULAÇÃO  
COMPUTACIONAL DE COMANDOS ELÉTRICOS**

**Ouro Preto, 2018**

TIAGO ESTEVÃO GUIMARÃES

**APLICAÇÕES PRÁTICAS E DIDÁTICAS DA UTILIZAÇÃO DOS  
SOFTWARES CADE SIMU E PC SIMU PARA A SIMULAÇÃO  
COMPUTACIONAL DE COMANDOS ELÉTRICOS**

Monografia apresentada ao  
Curso de Graduação em  
Engenharia de Controle e  
Automação da Universidade  
Federal de Ouro Preto como  
requisito para a obtenção do  
título de Engenheiro de  
Controle e Automação.

Orientador:

Me. Fábio Alexandre Martins Monteiro

Ouro Preto

Escola de Minas – UFOP

Fevereiro/2018

G963a      Guimarães, Tiago Estevão.  
Aplicações práticas e didáticas da utilização dos softwares CADE SIMU e  
PC SIMU para a simulação computacional de comandos elétricos [manuscrito]  
/ Tiago Estevão Guimarães. - 2018.

53f.: il.: color; grafs; tabs; mapas.

Orientador: Prof. MSc. Fábio Alexandre Martins Monteiro.

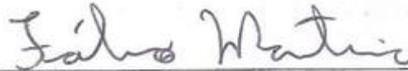
Monografia (Graduação). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de  
Minas. Departamento de Engenharia de Controle e Automação e Técnicas  
Fundamentais.

1. Motores elétricos. 2. Motores elétricos de corrente alternada. 3.  
Simulação por computador. I. Monteiro, Fábio Alexandre Martins. II.  
Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU: 681.5

Catálogo: [ficha@sisbin.ufop.br](mailto:ficha@sisbin.ufop.br)

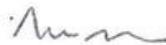
Monografia defendida e aprovada, em 23 de fevereiro de 2018, pela comissão avaliadora constituída pelos professores:



Prof. M.Sc. Fábio Alexandre Martins Monteiro - Orientador



Prof. Dr. Luiz Fernando Rispoli Alves - Professor Convidado



Prof. Dr. Paulo Marcos de Barros Monteiro - Professor Convidado

## **AGRADECIMENTOS**

Dedico essa conquista a minha mãe, Maria Julieta Guimarães, pelo apoio incondicional. Agradeço especialmente os professores Agnaldo José da Rocha Reis, João Carlos Vilela de Castro e Fábio Alexandre Martins Monteiro. Por fim, Carina de Souza obrigado por tudo.

*“Stay hungry. Stay foolish.”*

*Stewart Brand*

## RESUMO

O aprofundamento no estudo de comandos elétricos é de fundamental importância para os estudantes de engenharia que pretendem estar aptos a trabalhar no setor industrial, pois ao se trabalhar na área de elétrica é primordial o prévio domínio sobre as aplicações de comandos elétricos para o acionamento automático ou manual de equipamentos elétricos. Devido a sua extrema importância nas áreas tanto comerciais ou industriais, a presente monografia tem como objetivo elaborar um manual contendo experimentos práticos, a serem realizados no laboratório de eletrotécnica, para uma familiarização e uma melhor compreensão dos estudantes com as aplicações de comandos elétricos no acionamento de motores de corrente alternada. Para isso serão utilizados concomitantemente, para um melhor aprendizado, os softwares CADe\_SIMU e PC\_SIMU onde serão feitas as simulações necessárias.

**Palavras-chave:** Comandos elétricos; motores de corrente alternada; CADe\_SIMU;PC\_SIMU, simulações, experimentos práticos.

## **ABSTRACT**

The deepening of the study of electrical commands is of fundamental importance for the students of engineering who pretend to be able to work in the industrial sector, because when working in the electrical area, it is of paramount importance the previous domain on the applications of electric commands for the automatic or manual of electrical equipment. Due to their extreme importance in both commercial and industrial areas, the present monograph target to develop a manual containing practical experiments, to be carried out in the electro technical laboratory, for a familiarization and a better understanding of the students with the applications of electric controls in the drive of alternating current motors. For this, the CADe\_SIMU and PC\_SIMU softwares will be used concomitantly for better learning where the necessary simulations will be made.

**Keywords:** Electric controls; AC motors; CADe\_SIMU; PC\_SIMU; simulations and practical experiments.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Componentes Internos de Um Contator.....	15
Figura 2.2 – Contator Tripolar.....	17
Figura 2.3 – Botoeiras dos tipos chave seletora, sem retenção, botão cogumelo e impulso duplo .....	18
Figura 2.4 – Diferentes Modelos de Fusíveis .....	19
Figura 2.5 – Componentes Internos de um Disjuntor.....	20
Figura 2.6 – Relé Térmico.....	21
Figura 2.7 – Interface do CADe_SIMU .....	23
Figura 2.8 – Simbologia dos Equipamentos no CADe_SIMU.....	24
Figura 2.9 – Interface Inicial do PC_SIMU .....	25
Figura 2.10 – Principais Componentes do PC_SIMU.....	25
Figura 2.11 – Item para Selecionar Imagens Gráficas no PC_SIMU.....	26
Figura 2.12 – Janela de Seleção e endereçamento de imagens do PC_SIMU.....	26
Figura 2.13 – Representação de Uma Lâmpada nos Estados Ativo e Inativo PC_SIMU .....	26
Figura 3.1 – Contator com Contatos Auxiliares NF e NA .....	28
Figura 3.2 – Circuito Selo representado no CADe_SIMU.....	29
Figura 3.3 – Janela de Edição do CADe_SIMU.....	30
Figura 3.4 – Simulação de Circuito com Contato Selo no CADe_SIMU .....	31
Figura 3.5 – Simulação de Circuito com Contato Selo no PC_SIMU .....	31
Figura 3.6 – Atribuição de Entrada a Botoeira Vermelha No PC_SIMU .....	32
Figura 3.7 – Simulação de Circuito de Intertravamento no CADe_SIMU .....	33
Figura 3.8 – Simulação de Circuito de Intertravamento no PC_IMU .....	34
Figura 3.9 – Simulação de Circuito de Intertravamento no PC_SIMU.....	34
Figura 3.10 – Ligação Condicional no PC_SIMU .....	35

Figura 3.11 – Intertravamento com Botões no CADe_SIMU.....	35
Figura 3.12 – Intertravamento com Botões no CADe_SIMU.....	36
Figura 3.13 – Relé Temporizado ao Trabalho no CADe_SIMU.....	36
Figura 3.14 – Janela de Configuração do Relé Temporizado.....	37
Figura 3.15 – Relé Temporizado ao Trabalho.....	38
Figura 4.1 – Aspectos Construtivos do Rotor Gaiola.....	40
Figura 4.2 – Rotor Bobinado.....	40
Figura 4.3 – Espiras de um Motor Assíncrono.....	41
Figura 4.4 – Representação das Correntes Trifásicas em Um Motor de Indução.....	42
Figura 4.5 – Partes Constituintes de Um Motor de Indução Trifásico com Rotor Gaiola.....	44
Figura 4.6 – Partida Direta Com Sinalização no CADe_SIMU.....	45
Figura 4.7 – Partida Direta Com Sinalização no PC_SIMU.....	46
Figura 4.8 – Partida Direta Com Reversão No CADe_SIMU.....	47
Figura 4.9 – Partida Direta Com Reversão.....	48
Figura 4.10 – Partida Estrela-Triângulo No CADe_SIMU.....	49
Figura 4.11 – Partida Estrela-Triângulo No CADe_SIMU.....	50
Figura 4.12 – Configuração Estrela.....	50
Figura 4.13 – Configuração Triângulo.....	51

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Simbologia Segundo a ABNT/IEC.....	22
Tabela 3.1 – Simbologia Literal de Componentes Elétricos .....	27
Tabela 3.2 – Atribuição Numérica aos Terminais de Força Segundo a NBR 5280 e IEC 113.2 .....	27
Tabela 3.3 – Atribuição Numérica as Entradas e Saídas dos Contatos NA e NF Segundo a NBR 5280 e IEC 113.2.....	28
Tabela 3.4 – Tabela de Atribuição de Entradas e Saídas no CADe_SIMU .....	32

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	13
1.1	Objetivo Geral .....	14
1.2	Objetivos Específicos .....	14
1.3	Justificativa do Trabalho.....	14
1.4	Estrutura do Trabalho .....	14
2	REVISÃO DA LITERATURA .....	15
2.1	Contatores .....	15
2.2	Botoeiras .....	17
2.3	Fusível .....	18
2.4	Disjuntor .....	19
2.5	Relés .....	21
2.6	Simbologia dos Equipamentos de Comandos Elétricos .....	22
2.7	CADe_SIMU .....	22
2.8	PC_SIMU .....	24
3	ESQUEMAS EM COMANDOS ELÉTRICOS .....	27
3.1	Simbologia Alfa Numérica e Esquema Funcional.....	27
3.2	Exemplos de Diferentes Tipos de Ligações Entre PC_SIMU e CADe_SIMU ..	30
3.2.1	Circuito com Contato Selo.....	30
3.2.2	Intertravamento.....	33
3.2.3	Ligação Condicional .....	34
3.2.4	Relés Temporizados.....	36
4	MOTORES TRIFÁSICOS .....	39
4.1	Características Gerais .....	39
4.2	Partida Direta Com Sinalização.....	45

4.3	Partida Direta Com Reversão .....	46
4.4	Partida Estrela-Triângulo.....	48
5	CONCLUSÃO.....	52
	REFERÊNCIAS .....	53

## 1 INTRODUÇÃO

O setor industrial é o ambiente no qual a grande maioria dos profissionais especializados em elétrica desenvolvem suas atividades, podendo variar desde a manipulação e controle de equipamentos elétricos como motores elétricos até acionamentos de circuitos utilizados para proteção. Tudo isso é feito com a utilização de comandos elétricos que apresentam em sua composição um circuito de comando e outro de potência (MORAES, 2013). Daí torna-se muito importante, para quem quiser se aventurar nesse ramo, o entendimento de suas aplicações e um pleno entendimento de seu funcionamento.

A utilização de comando elétrico torna possível o correto manuseio de máquinas elétricas na indústria, impedindo dessa forma erros humanos e oferecendo ainda uma maior segurança para a instalação e os usuários. Permitindo de tal modo o controle de equipamentos elétricos desde a utilização de botões até o seu controle remoto (MANFRED, 1993).

Em instalações elétricas industriais pode-se definir três tipos de circuitos existentes nestas instalações:

- **Circuito de Potência:** é utilizado para a alimentação da carga principal que costuma ser trifásica, e necessita de condutores com bitolas grossas devido à alta corrente que passará neste circuito;
- **Circuito de Comando:** ao contrário do anterior esse tipo de circuito apresenta uma baixa corrente e dessa forma irá necessitar de condutores com bitolas finas. Este circuito é onde existe a lógica para o acionamento das cargas elétricas.
- **Circuito de Sinalização:** com a utilização de sinais luminosos ou sonoros, por exemplo, esse tipo de montagem fornece de maneira simples o estado de um circuito principal associado a ele. Essas informações são, por exemplo, se ele está acionado ou não.

Apesar de todos os circuitos acima serem constituídos fisicamente de forma totalmente independente entre si, eles apresentam uma ligação funcional entre si. Esta ligação é o circuito de comando que é necessário para dar um sinal que aciona o circuito de potência e o circuito de sinalização fornece informações sobre as operações ocorridas no de potência.

## **1.1 Objetivo Geral**

O objetivo principal dessa pesquisa é tornar mais fácil a aprendizagem de assuntos relacionados a comandos elétricos, utilizando-se para tal finalidade os softwares CADe\_SIMU e PC\_SIMU de forma conjunta.

## **1.2 Objetivos Específicos**

- Desenvolver um material para o auxílio do aprendizado de comandos elétricos;
- Utilizar e configurar os softwares CADe\_SIMU e PC\_SIMU corretamente;
- Ter uma noção dos tipos de ligações possíveis de serem realizadas em motores trifásicos;
- Possibilitar a compreensão para a utilização básica de Controladores Lógicos Programáveis (CLP).

## **1.3 Justificativa do Trabalho**

Após a finalização desse trabalho espera-se um incremento em iniciações científicas e projetos de pesquisas que envolvam o tema de comandos elétricos, feitos pelos alunos dos cursos da Escola de Minas pertencente a Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP).

## **1.4 Estrutura do Trabalho**

No primeiro capítulo foi realizada uma apresentação geral do tema abordado no presente trabalho. No segundo capítulo dessa monografia serão abordados os principais dispositivos elétricos de proteção, onde serão mostradas as suas características de construção interna, seus princípios básicos de funcionamento e suas simbologias segundo a ABNT, como também, serão citadas algumas aplicações dos mesmos. Ainda no segundo capítulo serão introduzidas explicações básicas dos softwares CADe\_SIMU e PC\_SIMU para a sua aplicação em comandos elétricos. Já no terceiro capítulo visará mostrar diferentes esquemas elétricos para a utilização e uma melhor compreensão da comunicação entre o PC\_SIMU e CADe\_SIMU. O quarto capítulo tem o objetivo de apresentar os motores trifásicos e explicar desde os tipos possíveis de ligações até as diferentes formas de se dar partidas sobre eles. No quinto capítulo irá ser feita análise e conclusão de todo o estudo feito.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo serão apresentados e explicados os diversos equipamentos utilizados em comandos elétricos, juntamente como os programas utilizados neste trabalho.

### 2.1 Contatores

Os contatores são dispositivos empregados em manobras mecânicas, sendo acionados através de efeito eletromagnético e são construídos para operarem com uma alta taxa de frequência. Vale salientar que os contatores possuem dois circuitos em sua constituição sendo um de comando que fica responsável por efetivar a conexão dos atuadores e equipamentos de potência para assim o sinal dos atuadores realizarem uma mudança no estado dos equipamentos de potência. O outro circuito é o de potência que é acionado pelo circuito de comando para assim poder realizar a energização dos componentes com a devida tensão necessária para se operarem as máquinas elétricas. Os contatores possuem partes fixas e móveis, fisicamente são constituídos de uma bobina na parte fixa e de um grupo de contatos na parte móvel, que são acionados pela bobina (eletroímã), conforme apresentado, na Figura 2.1, a seguir:

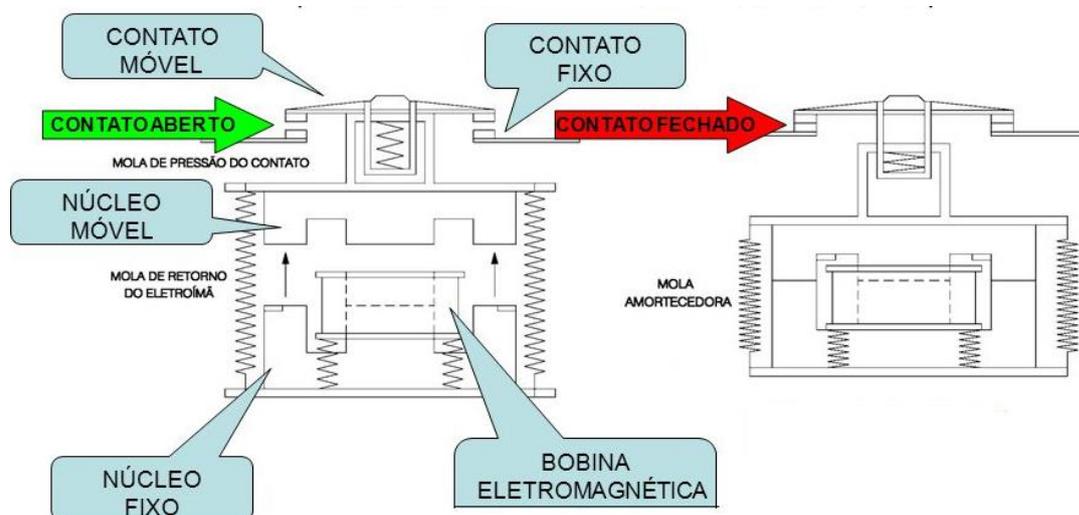


Figura 2.1 - Componentes Internos de Um Contator

Fonte: SENAI, 2018

Estes contatos podem ser normalmente abertos (NA) ou normalmente fechados (NF), o termo “normalmente” dos dois tipos de contatos se refere ao contator quando ele está na sua posição de repouso, em outras palavras, quando não há passagem de corrente na sua bobina. Como a própria denominação sugere, um contato NA possui seus terminais

abertos quando o contator está na sua posição de repouso (não havendo a passagem de corrente pelos terminais da bobina), enquanto que um contato NF possui seus terminais fechados quando o contator está na sua posição de repouso (não havendo a passagem de corrente pelos terminais da bobina).

Ao passar uma corrente pela bobina há a criação de um campo magnético que atrai a parte móvel, desta forma seus contatos mudam de estado, por exemplo, os contatos NA passam a fechar, enquanto que os contatos NF passam a abrir.

A utilização dos contatores, no setor industrial é bem ampla devido ao grande número de vantagens que ele possibilita, como as listadas abaixo:

- Exige um espaço pequeno para sua montagem;
- Garante entre 10 a 40 mil manobras;
- Efetua comandos a distância;
- Sua tensão de operação varia de 85 a 110 % da tensão nominal e
- Possui uma longa durabilidade de utilização.

Dentre as principais partes constituintes de um contator podendo-se citar as três abaixo:

- Bobinas: trata-se de um enrolamento de fio de cobre que ao ser alimentado por energia elétrica através de seus terminais A1 e A2 gera um campo eletromagnético, que por sua vez ocasiona um deslocamento da parte móvel do contator.
- Núcleo: apresenta duas partes, feitas de material ferro-magnético, em sua constituição. Que são separadas entre si por uma mola. Uma de suas partes é conectada aos contatos e dessa forma o movimento feito pelo núcleo é capaz de acionar os contatos de carga do contator e também os contatos de comando.
- Contatos: efetuam a condução de correntes de comando e de carga. Têm a função de realizar o chaveamento e são pequenas lâminas metálicas.
- Molas: recolocam os contatos em sua posição de repouso quando cessa a energia que alimenta a bobina.

A seguir, a Figura 2.2, um contator comercial:



Figura 2.2 - Contator Tripolar

Devido a todas essas funções citadas anteriormente os contatores são largamente utilizados para realizar o acionamento de motores elétricos principalmente devido a comodidade e segurança que ele proporciona em sua aplicação no setor elétrico.

## 2.2 Botoeiras

Botoeiras são dispositivos para manter ou fazer uma interrupção de uma corrente elétrica em um circuito de comando, devido a um acionamento efetuado de modo manual.

Elas podem ser de tipos diferentes como será detalhado abaixo:

- **Chave Seletora:** apresenta uma vantagem de necessitar de uma única chave para realizar as operações liga/desliga. Mas pode ter um grande problema relacionado a segurança, pois se acontecer uma falha no sistema de distribuição de energia e ela se desenergizar, a chave se manterá na mesma posição após a volta da eletricidade. Apresentada na Figura 2.3 (a).
- **Sem Retenção:** esse tipo é caracterizado por possuir contato normalmente aberto e fechado ligado a um botão, que quando pressionado muda os estados de seus contatos, porém apenas enquanto o botão é acionado. Apresentada na Figura 2.3 (b).
- **Botão Cogumelo:** é uma botoeira de emergência, para conseguir acioná-la é necessário pressionar e em seguida girá-la no sentido horário. Apresentada na Figura 2.3 (c).

- Impulso Duplo: ideal para trabalhar quando há necessidade de um botão para ligar e desligar, pois possui os dois botões de impulso. Apresentada na Figura 2.3 (d).

Abaixo uma figura com as imagens reais das botoeiras na ordem em que foram citadas:

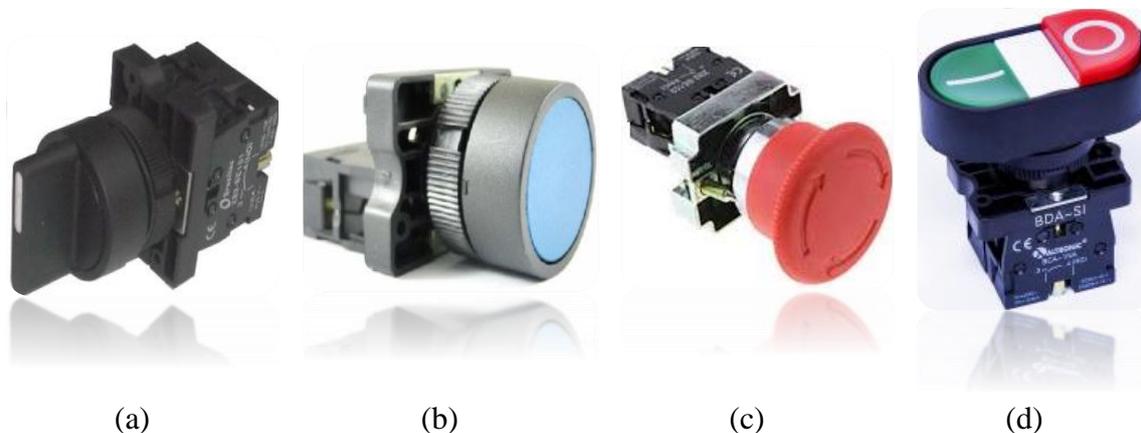


Figura 2.3 – Botoeiras dos tipos chave seletora, sem retenção, botão cogumelo e impulso duplo

Fonte: BOTOEIRAS..., 2018

As botoeiras também apresentam um padrão de cores para sua utilização prática regido pela norma técnica número 001/2008 como mostrado abaixo:

- Verde ou preta: são utilizadas para partidas, arranques e para ligar cargas.
- Vermelha: sua aplicação é quando se deseja desligar uma carga, ou seja, para parar ou desligar.
- Amarela: efetua a inversão de sentido ou o cancelamento da operação.
- Azul ou branca: são para qualquer função diferente das já citadas.

### 2.3 Fusível

Quando ocorre um curto-circuito (ligação elétrica em que a resistência elétrica do caminho da corrente tende a zero), a corrente tende a atingir valores muito altos o que poderá danificar todo o sistema elétrico. Para evitar que essa situação ocorra faz-se necessário a utilização de fusíveis que serão dispositivos a serem utilizados com o intuito de evitar uma corrente elétrica excessiva no circuito, ocasionando a sua interrupção quando houver curtos. Os fusíveis são feitos de um fio de chumbo que apresentam um ponto de fusão menor do que o do cobre, que é o material utilizado em instalações elétricas de modo geral. Portanto, se houver um curto circuito o fio do fusível irá se romper devido sua fusão impedindo assim a passagem de corrente para o

restante do circuito (SILVA, 2018). Desta forma, pode-se imaginar um fusível como um interruptor de segurança.

A Figura 2.4, a seguir, mostra os fusíveis mais comumente utilizados:

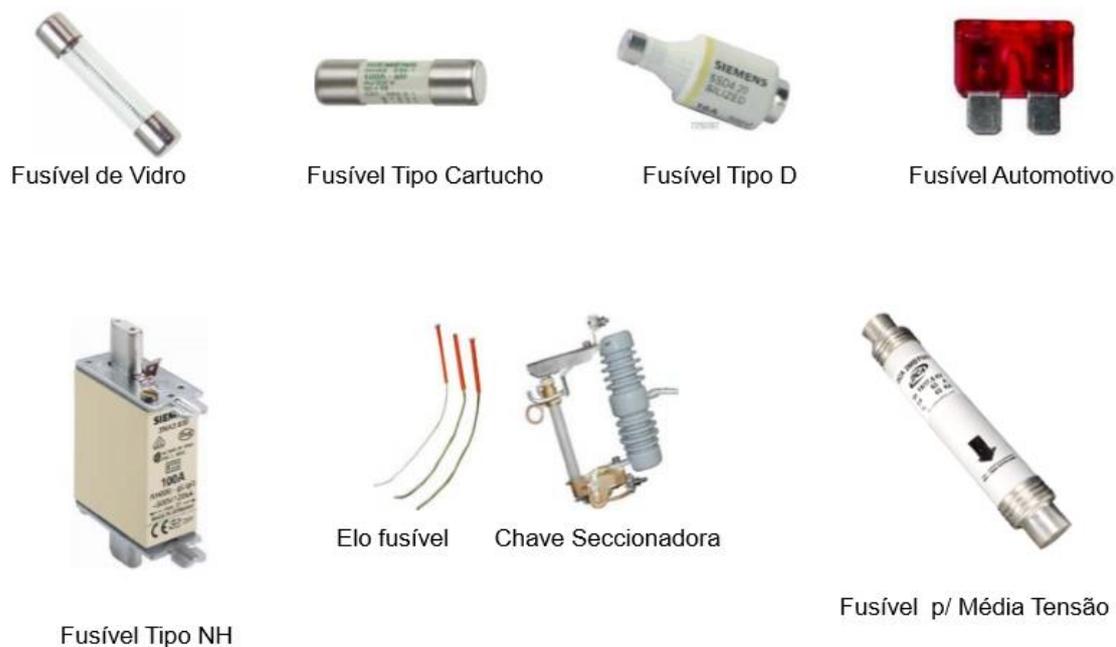


Figura 2.4- Diferentes Modelos de Fusíveis

Fonte: MATSUMI, 2018

## 2.4 Disjuntor

É um dos dispositivos de proteção e segurança mais eficazes, pois além de possibilitar o desmembramento de circuitos, é utilizado também para ligar ou desligar cargas e circuitos em geral. Devido a tais aplicações ele é uma boa substituição para o uso de fusíveis, com a vantagem que pode ser utilizado inúmeras vezes sem precisar ser trocado, diferentemente dos fusíveis que são descartáveis após uma única utilização.

Trata-se de, segundo o Manual e Catálogo do Eletricista, um dispositivo que é feito para funcionar até um limite de corrente pré-definida. Imediatamente ao se ultrapassar tal valor ele realiza o desarme, de maneira automática, do sistema gerando um incremento na segurança de toda a instalação. Após esse ocorrido ele pode ser rearmado para todo o sistema voltar à normalidade.

Há disjuntores específicos para diferentes necessidades, dentre eles pode-se citar os três abaixo:

- Magnéticos: atua de modo instantâneo, quando há uma passagem de corrente de grande intensidade e pequena duração na rede elétrica, ou seja, um curto-circuito. Dessa forma, esses altos valores de corrente que percorrem o dispositivo produzem um campo magnético que atraem as placas ferromagnéticas que fazem parte de sua constituição, assim o disjuntor se “desarma”.
- Térmicos: são utilizados para cessar correntes superiores a nominal que percorrem a rede elétrica durante um longo período, ou seja, quando há uma sobrecarga no circuito. Tal operação de “desarme” desse tipo de disjuntor é feita pela deformação de suas lâminas bimetálicas. Eles apresentam uma desvantagem se comparado com o disjuntor magnético, pois devido ao estado inerte de suas lâminas bimetálicas é necessário um intervalo de tempo para elas aquecerem e realizarem sua função, enquanto os magnéticos atuam forma instantânea.
- Termomagnéticos: trata-se de uma aplicação em conjunta no mesmo dispositivo para oferecer as proteções térmicas e magnéticas.

A Figura 2.5 possibilita visualizar as partes interna de um disjuntor:

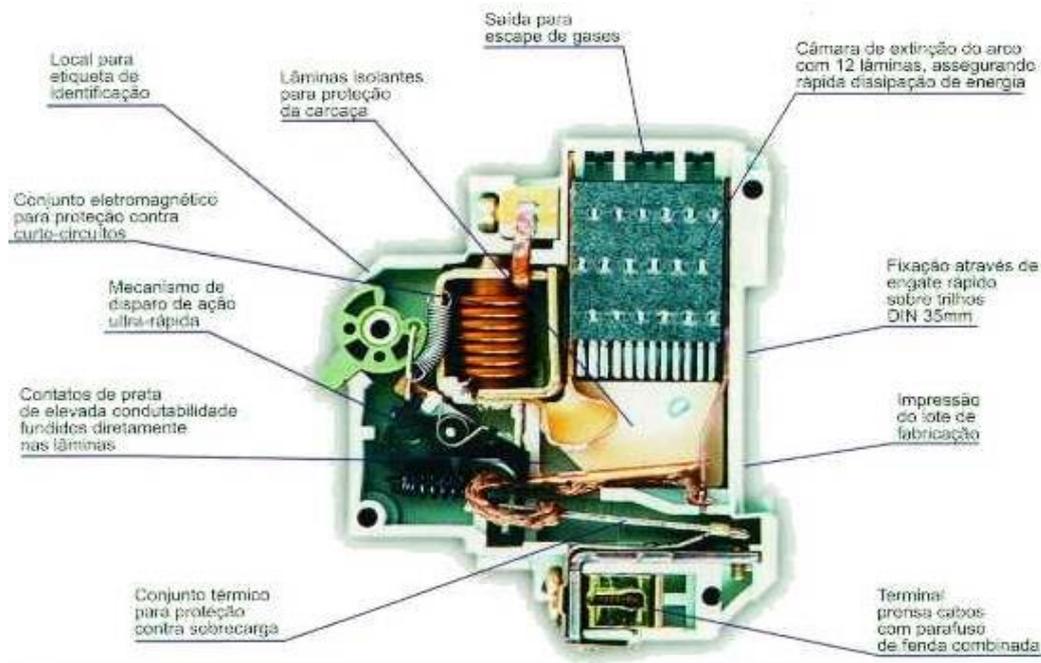


Figura 2.5 – Componentes Internos de um Disjuntor

Fonte: SILVA, 2018

## 2.5 Relés

Os relés são dispositivos utilizados para gerar rápidas e pré-definidas mudanças nos circuitos de potência, quando se alcança determinadas condições necessárias nos circuitos de comando. Sua função primordial é acionar o sistema de manobra sem causar uma interrupção no circuito de comando. Ao se ligar eles a uma instalação elétrica, seus objetivos são os de possibilitar o correto funcionamento de outros componentes elétricos conectados com eles ou a algum circuito elétrico associado aos relés, devido a uma mudança no equipamento ocasionada pela passagem de cargas elétricas.

Abaixo algumas classificações dos relés (BRAGA, 2018):

- Térmicos: utilizados em motores elétricos com os objetivos de evitar sobrecarga, falta de fase, longas partidas e bloqueios prolongados do mesmo.
- Temporizadores: muito aplicados em processos industriais devido ao fato de permitirem a comutação de um sinal de saída de acordo com a função de tempo ajustado.
- Proteção: são capazes de gerar campos eletromagnéticos que alteram os estados dos contatos que ligam e desligam os dispositivos a eles conectados. Os mais modernos conseguem também realizar a medição de algumas grandezas físicas como: temperatura, tensão e outras.

A seguir, a Figura 2.6, mostra um relé térmico:



Figura 2.6 – Relé Térmico

## 2.6 Simbologia dos Equipamentos de Comandos Elétricos

A Tabela 2.1 que será mostrada a seguir contém a simbologia gráfica de alguns equipamentos de comandos elétricos que serão utilizados nesse trabalho.

ELEMENTO	ABNT/IEC	OUTROS
Fusível		
Contato normalmente aberto (NA)		
Contato normalmente fechado (NF)		
Comutador		
Contato temporizado no fechamento		
Contato temporizado na abertura		
Comando de fechamento manual		
Comando de abertura manual		
Contator ou relé com acionamento eletromecânico		
Contator com contato NA		
Contator com retardo para operar		
Relé térmico		
Comando por temperatura de fechamento		
Lâmpada de sinalização		
Comando NA de relé térmico		
Comando NF de relé térmico		

Tabela 2.1 – Simbologia Segundo a ABNT/IEC

Fonte: USP, 2018

## 2.7 CADe\_SIMU

O CADe\_SIMU é um software para o desenvolvimento de projetos para a área de eletrotécnica que devam desenvolver e implementar diagramas de comandos elétricos, tudo isso de forma bem prática e acessível pois não há necessidade de utilização de uma

ligação elétrica real para a simulação do software que é totalmente feita na própria interface dele e com o auxílio de uma simbologia própria para a modelagem e em seguida efetivar de fato sua simulação. Devido a sua fácil instalação e também de ser um software gratuito ele é excelente como uma ferramenta para o ensino e aprendizado, pois, segundo Everton Moraes, apresenta ainda enormes vantagens como:

- Quaisquer diagramas elétricos podem ser desenvolvidos do ponto zero;
- Seu foco principal são os comandos elétricos, mas pode ser utilizado também para CLP e pneumática;
- Apresenta uma interface bem simples e intuitiva e
- Possui uma ampla gama de vídeo-aulas e materiais online, tudo gratuito, o que facilita muito o seu entendimento para quem quiser e precisar se aprofundar no ramo de comandos elétricos.

A Figura 2.7 apresenta a interface inicial do CADe\_SIMU:

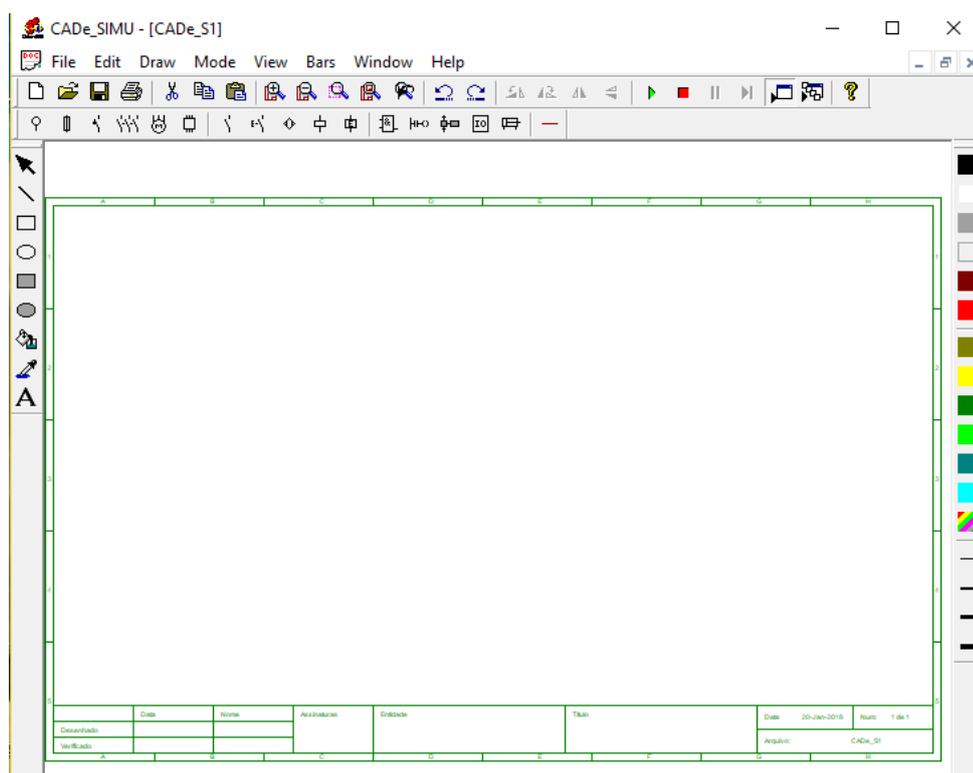


Figura 2.7 - Interface do CADe\_SIMU

A Figura 2.8 apresenta a simbologia de alguns equipamentos contidos no CADe\_SIMU:

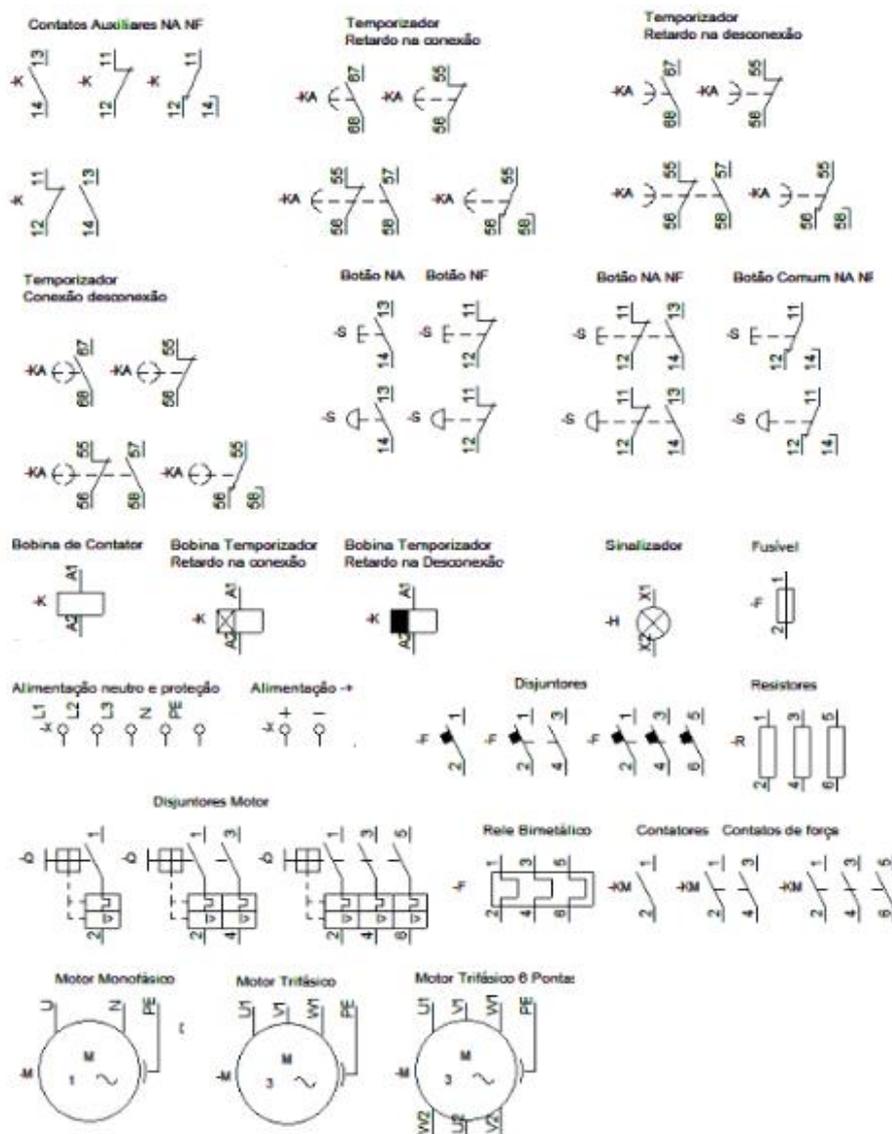


Figura 2.8- Simbologia dos Equipamentos no CADe\_SIMU

Fonte: SIMBOLOGIA..., 2018

## 2.8 PC\_SIMU

Esse é um software complementar ao CADe\_SIMU pois ele deve ser usado para ser possível visualizar, de forma gráfica, a simulação feita no CADe\_SIMU. Para isso ele conta com uma biblioteca com imagens de equipamentos reais para ajudar ao usuário entender de forma melhor o que ocorre no CADe\_SIMU. Para se conseguir fazer a comunicação entre os dois softwares basta associar os elementos de cada um com os seus respectivos correspondentes através de seus endereços e saídas. O PC\_SIMU

oferece uma ampla gama de vantagens, segundo Everton Moraes, como as citadas abaixo:

- É possível visualizar o resultado da simulação em tempo real e observar o comportamento do projeto simulado de forma gráfica;
- A comunicação é feita de maneira automática com o CADe\_SIMU;
- Possui vários objetos para poder simular o projeto desenvolvido, importando-se somente as entradas e saídas dos mesmos.

Na Figura 2.9 é apresentada a interface gráfica desse software:

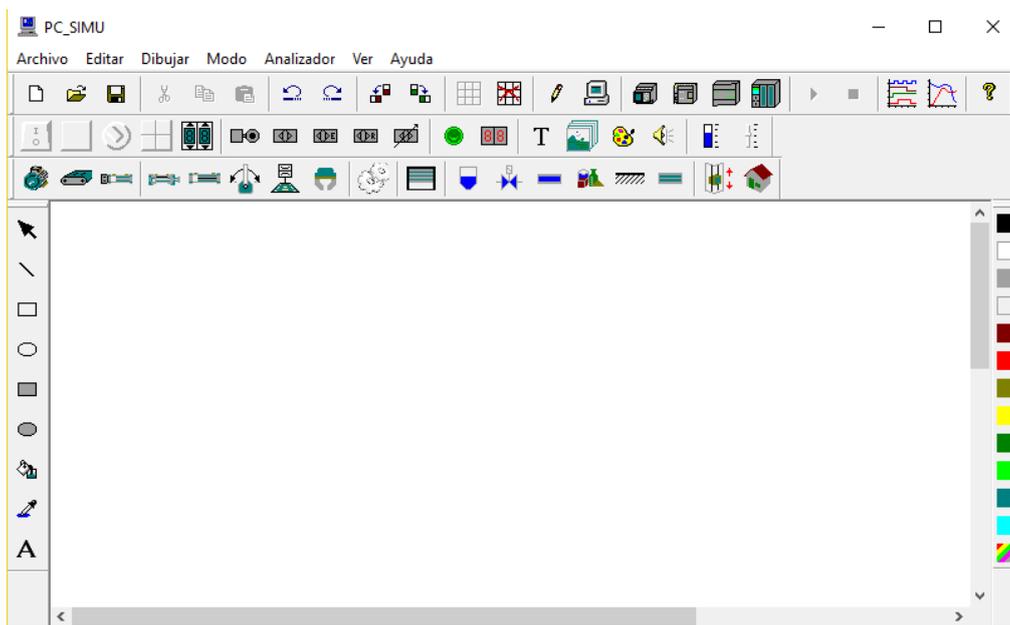


Figura 2.9 - Interface Inicial do PC\_SIMU

Na Figura 2.10 são apresentados os componentes presentes no PC\_SIMU:



Figura 2.10 – Principais Componentes do PC\_SIMU

Para inserir as figuras acima deve-se clicar sobre o ícone mostrado na Figura 2.11:



Figura 2.11 – Item para Selecionar Imagens Gráficas no PC\_SIMU

Ao acessar esse ícone é possível escolher uma imagem representativa do componente necessário. É importante ressaltar que devem ser escolhidas duas representações da mesma figura, sendo uma em seu estado inativo e outra no ativo e não se esquecer de endereçá-la como entrada ou saída para assim simular de forma correta. Para isso basta fazer como mostrado pela Figura 2.12:

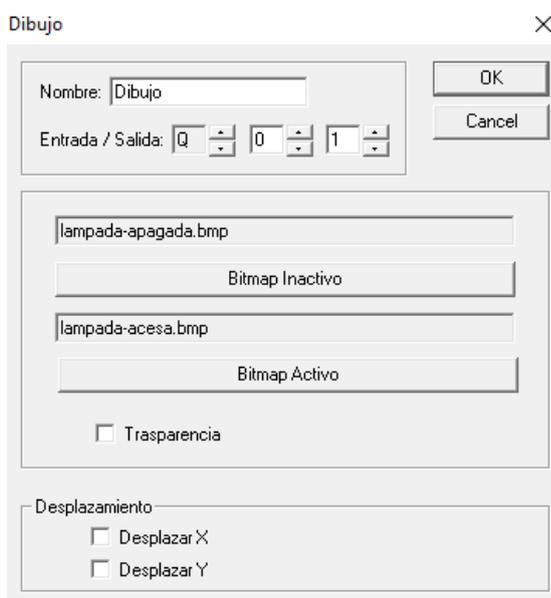


Figura 2.12 – Janela de Seleção e endereçamento de imagens do PC\_SIMU

Nesse exemplo foram selecionas as imagens abaixo em seus estados ativo e inativo respectivamente, como pode ser visto na Figura 2.13:



Figura 2.13– Representação de Uma Lâmpada nos Estados Ativo e Inativo PC\_SIMU

### 3 ESQUEMAS EM COMANDOS ELÉTRICOS

Nesse capítulo serão mostrados diferentes tipos de montagens de circuitos elétricos para, dessa forma, pode visualizar os dois softwares funcionando simultaneamente.

#### 3.1 Simbologia Alfa Numérica e Esquema Funcional

A NBR 5280 define uma simbologia literal para ser atribuída aos diferentes componentes elétricos utilizados em comandos elétricos no setor industrial como pode ser visto na Tabela 3.1 a seguir:

Símbolo	Componente	Exemplos
F	Dispositivos de proteção	Fusíveis, pára-raios, disparadores, relés
H	Dispositivos de sinalização	Indicadores acústicos e ópticos
K	Contatores	Contatores de potência e auxiliares
M	Motores	
Q	Dispositivos de manobra para circuitos de potência	Disjuntores, seccionadores, interruptores
S	Dispositivos de manobra, seletores auxiliares	Dispositivos e botões de comando e de posição (fim-de-curso) e seletores
T	Transformadores	Transformadores de distribuição, de potência, de potencial, de corrente, autotransformadores

Tabela 3.1– Simbologia Literal de Componentes Elétricos

Fonte: HENRIQUE, 2018

Os contatos de cada componente elétrico também devem ter uma simbologia literal conforme mostrado anteriormente e também uma simbologia numérica, essa deve ser feita seguindo as normas IEC 113.2 ou a NBR 5280. A atribuição de números aos contatos deve ser feita conforme as normas citadas anteriormente e resumidamente mostradas na Tabela 3.2 e na Tabela 3.3 respectivamente:

Numeração Atribuída	Função
1,3 e 5	Circuito de Entrada
2,4 e 6	Circuito de Saída

Tabela 3.2 – Atribuição Numérica aos Terminais de Força Segundo a NBR 5280 e IEC 113.2

Numeração Atribuída (para entrada e saída respectivamente)	Contato
1 e 2	Normalmente Fechado (NF)
3 e 4	Normalmente Aberto (NA)

Tabela 3.3 – Atribuição Numérica as Entradas e Saídas dos Contatos NA e NF Segundo a NBR 5280 e IEC 113.2

Quando se trata de contadores e relés, esses têm uma simbologia alfa-numérica, A1 e A2, nos terminais de suas respectivas bobinas. Já os contatos auxiliares presentes em algum contador, recebem um tipo diferente de numeração que é composta por dois números. O primeiro é responsável por indicar o número do contato e o próximo é para mostrar o tipo de contato, 1 e 2 para normalmente aberto; 3 e 4 para normalmente fechado. A Figura 3.1 serve para exemplificar a simbologia numérica dos contatos auxiliares em um contador.

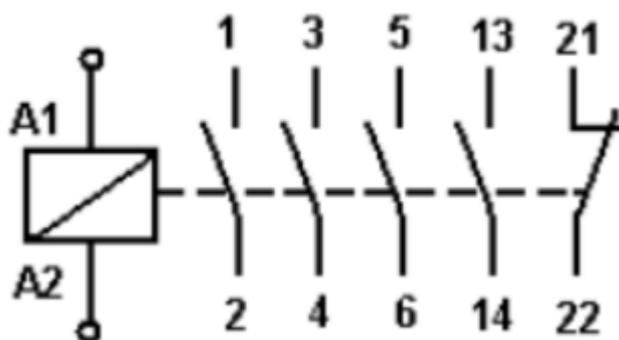


Figura 3.1 - Contador com Contatos Auxiliares NF e NA

Fonte: HENRIQUE, 2018

A seguir encontra-se um exemplo, na Figura 3.2, de esquema funcional para poder se observar essa simbologia de modo mais simples:

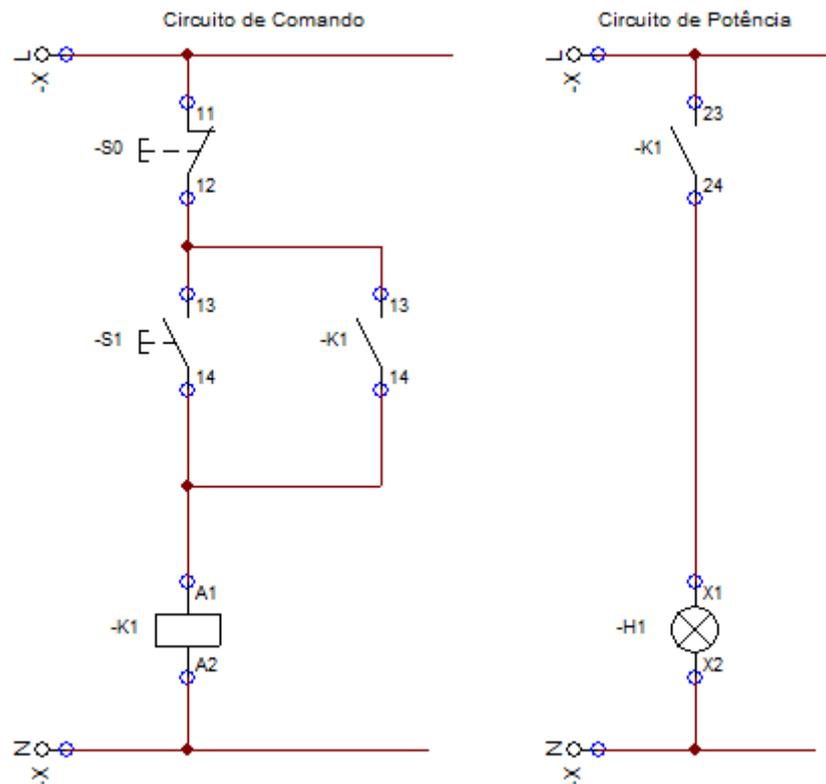


Figura 3.2 – Circuito Selo representado no CADe\_SIMU

A Figura 3.2 representa a montagem de um circuito com contato selo. Esse tipo de contato torna possível que a carga que foi acionada por um botão, mantenha-se em funcionamento após o mesmo ser deixado de ser pressionado. Nesta figura pode notar que cada componente tem a simbologia literal que é definida pela norma NBR5280. Para se ter uma compreensão melhor do circuito é possível mudar a simbologia atribuída a cada um. Para isso basta clicar sobre o mesmo e renomeá-lo, na janela de edição, conforme se desejar, como pode ser visto na Figura 3.3 a seguir:

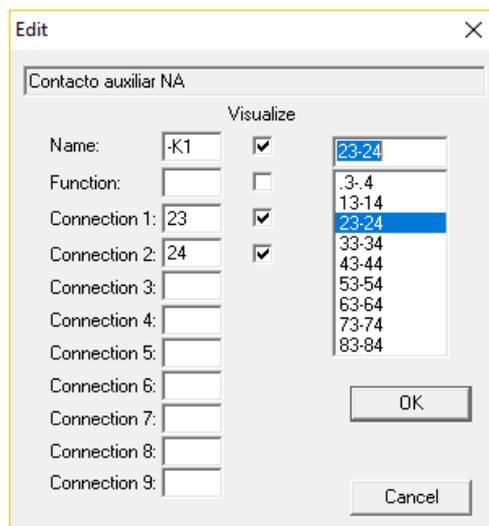


Figura 3.3 – Janela de Edição do CADe\_SIMU

É possível notar na Figura 3.3, que foi feita uma alteração na numeração do contato auxiliar NA, para 23-24, o que significa que ele é o segundo contato auxiliar e é do tipo normalmente aberto, conforme foi explicado anteriormente e exemplificado pela Tabela 3.3.

### 3.2 Exemplos de Diferentes Tipos de Ligações Entre PC\_SIMU e CADe\_SIMU

Nesta seção serão feitas diferentes montagens para se obter um aprofundamento no estudo de comandos elétricos, bem como o aprendizado do funcionamento do PC\_SIMU e CADe\_SIMU conjuntamente.

#### 3.2.1 Circuito com Contato Selo

No circuito abaixo após a botoeira verde for pressionada a lâmpada denominada por - H1 irá acender e permanecer acesa. Ela só voltará ao seu estado inativo quando a botoeira vermelha for acionada. A representação desse circuito pode ser visualizada pela Figura 3.4 e pela Figura 3.5 a seguir:

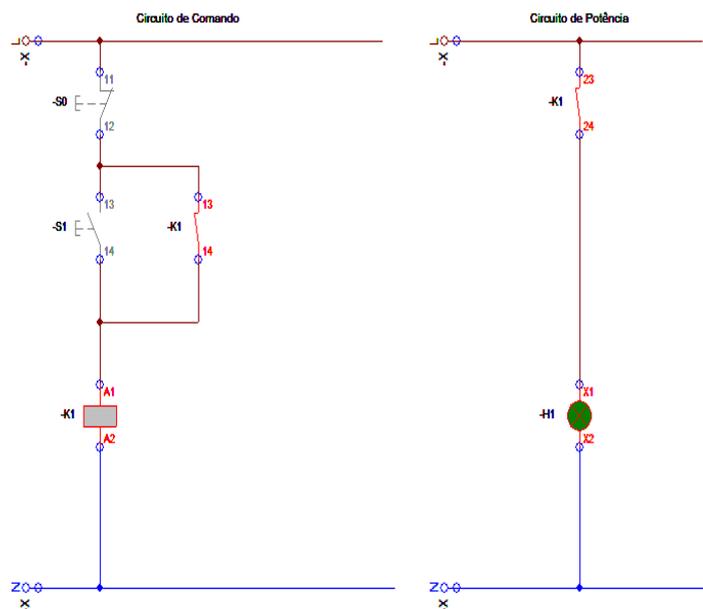


Figura 3.4 – Simulação de Circuito com Contato Selo no CADe\_SIMU

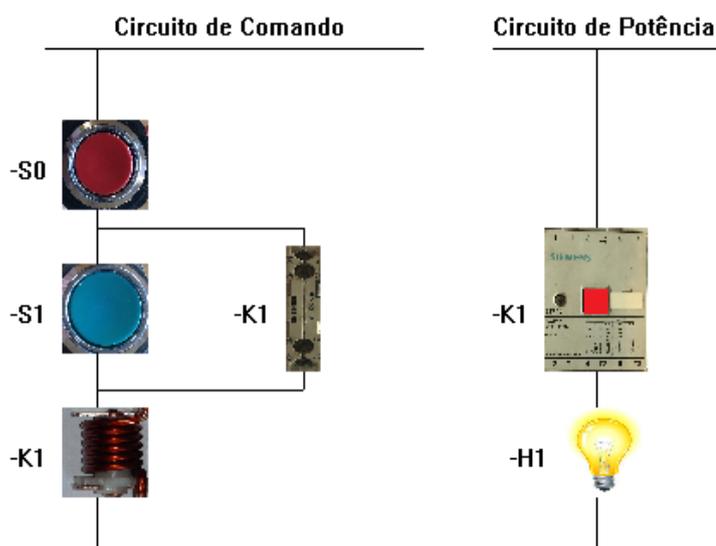


Figura 3.5 – Simulação de Circuito com Contato Selo no PC\_SIMU

A comunicação entre os dois softwares é feita se utilizando a tabela de entrada abaixo, que através da atribuição do mesmo endereçamento da simbologia do CADe\_SIMU e a respectiva imagem gráfica do PC\_SIMU. Desse modo, ambos se comportam da mesma forma quando forem acionados, conforme a Tabela 3.4:

INPUT		OUTPUT	
-S0	I0.0	-K1	Q0.0
-S1	I0.1	-H1	Q0.1
	I0.2		Q0.2
	I0.3		Q0.3
	I0.4		Q0.4
	I0.5		Q0.5
	I0.6		Q0.6
	I0.7		Q0.7

Tabela 3.4 - Atribuição de Entradas e Saídas no CADe\_SIMU

A seguir, na Figura 3.6, como é feito o endereçamento na botoeira vermelha:

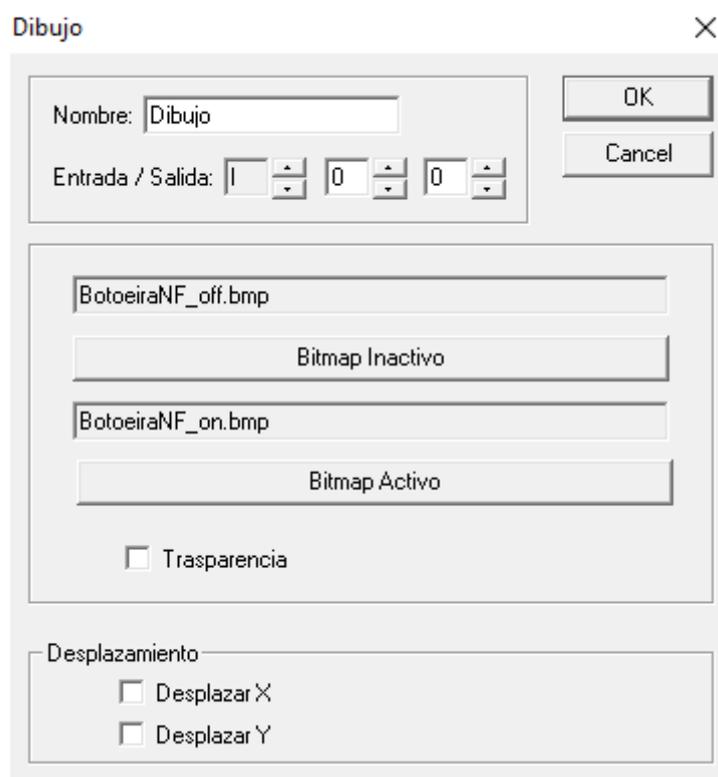


Figura 3.6 - Atribuição de Entrada a Botoeira Vermelha No PC\_SIMU

De maneira análoga, essa associação através do endereçamento deve ser feita com todos os outros componentes do circuito.

### 3.2.2 Intertravamento

Consiste em se efetuar um tipo de ligação elétrica através dos contatos auxiliares de dispositivos, onde os estados de operações dos mesmos são dependentes entre si. Com isso é possível inviabilizar a ligação de um dispositivo desejado enquanto outro esteja sendo acionado. A seguir é mostrada esse tipo de montagem pela Figura 3.7 e pela Figura 3.8 em ambos os softwares, CADe\_SIMU e PC\_SIMU, respectivamente:

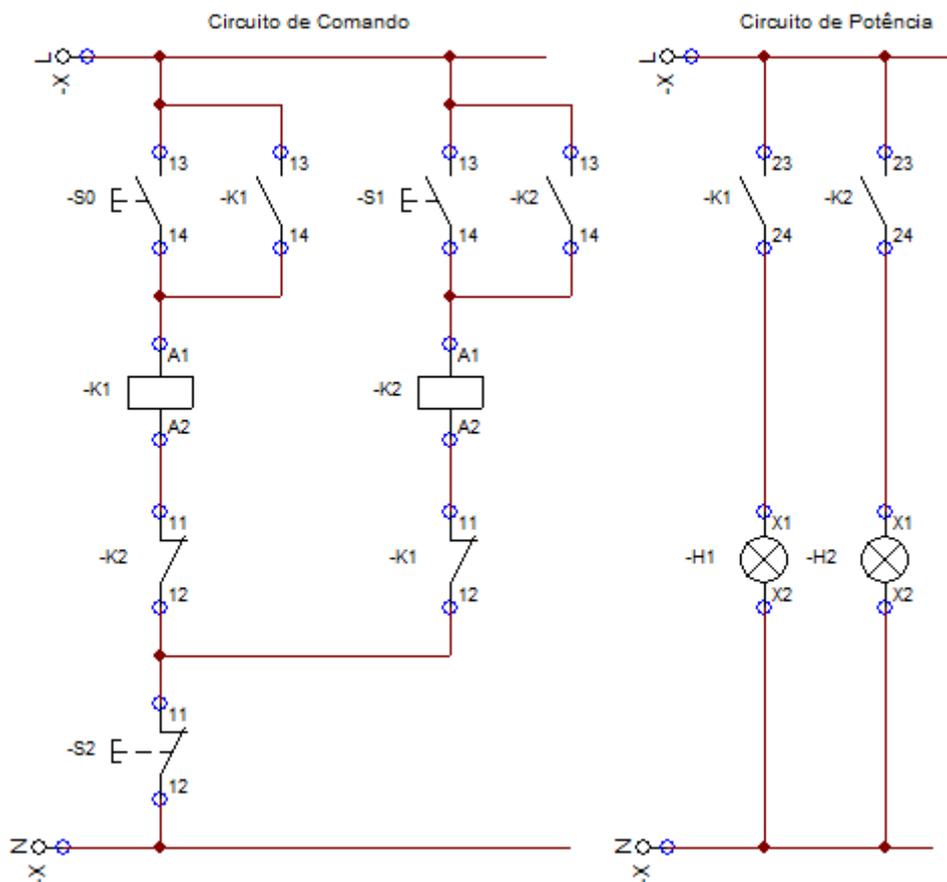


Figura 3.7 - Simulação de Circuito de Intertravamento no CADe\_SIMU

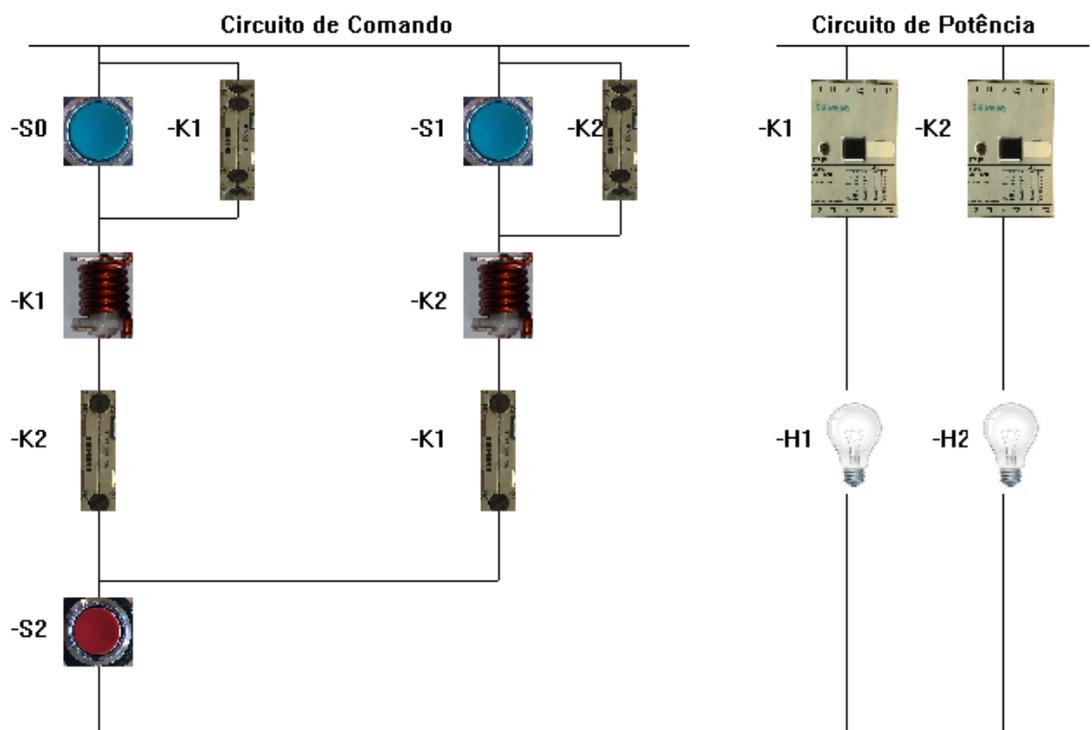


Figura 3.8 – Simulação de Circuito de Intertravamento no PC\_SIMU

### 3.2.3 Ligação Condicional

Ambas, a Figura 3.9 e a Figura 3.10, representam um mesmo circuito de ligação condicional. O mesmo recebe esse nome devido ao fato do acionamento da botoeira -S1 só ser possível após a botoeira -S0 ser ativada. Ou seja, o funcionamento da lâmpada -H2 é condicionado a lâmpada -H1.

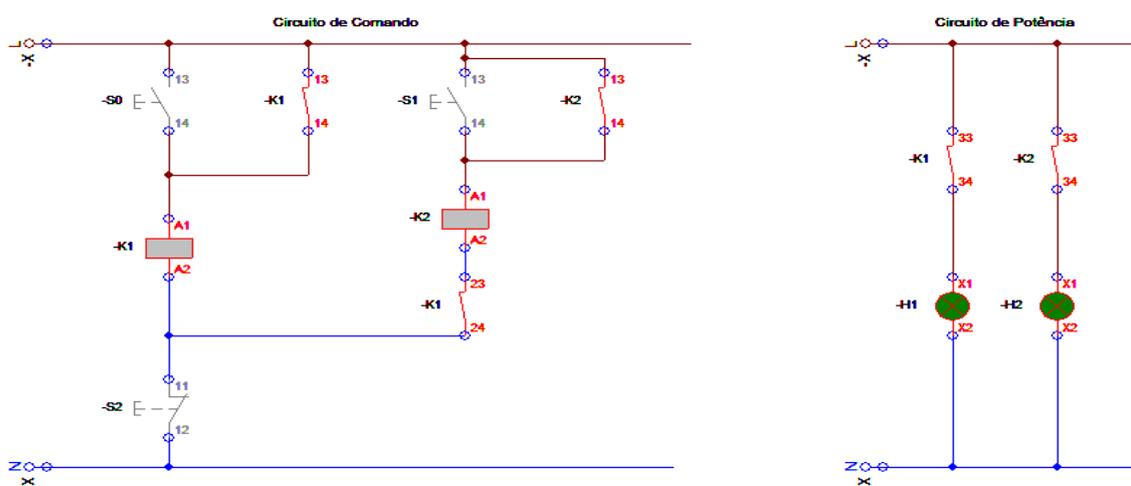


Figura 3.9– Simulação de Circuito de Intertravamento no PC\_SIMU

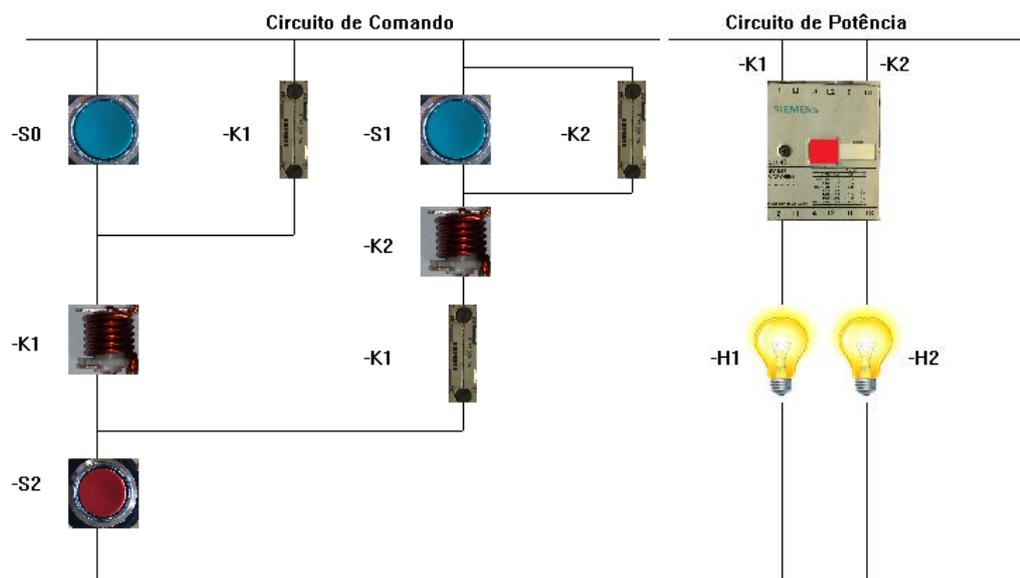


Figura 3.10– Ligação Condicional no PC\_SIMU

### 3.2.4 Intertravamento com Botões

Pode-se efetuar o intertravamento com utilização de botoeiras. A seguir, na Figura 3.11 e na Figura 3.12, um exemplo utilizando os dois softwares:

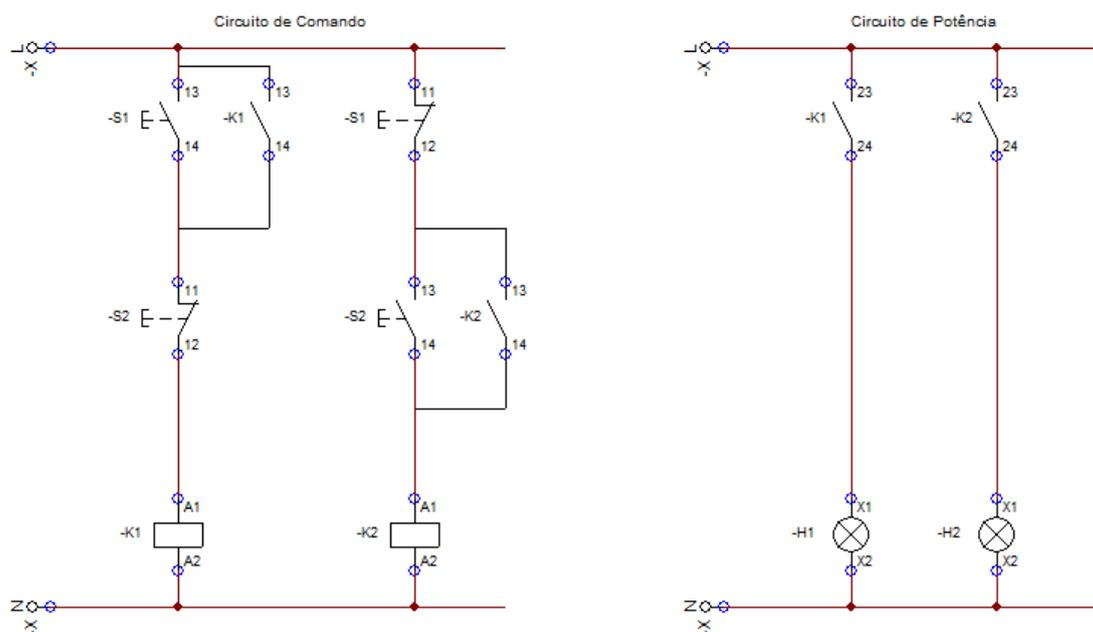


Figura 3.11 – Intertravamento com Botoeiras no CADe\_SIMU

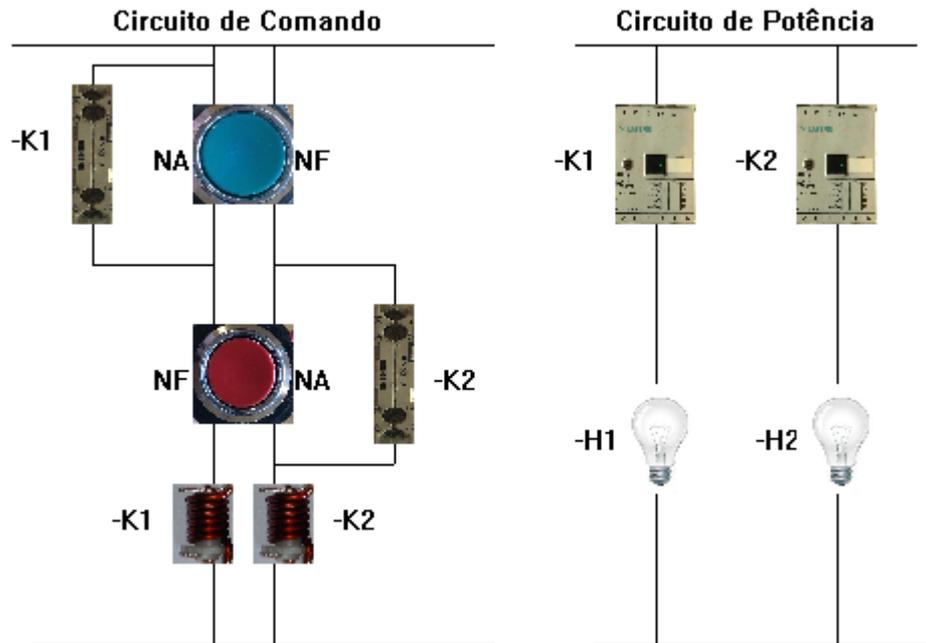


Figura 3.12 – Intertravamento com Botoeiras no CADe\_SIMU

### 3.2.4 Relés Temporizados

Quando se deseja realizar operações que envolvam manipulação de tempo ou a utilização de chaveamento faz-se necessário a aplicação de relés temporizados. Eles serão responsáveis pelo retardamento da energização ou da desenergização. A seguir, na Figura 3.13, um exemplo de circuito com este equipamento:

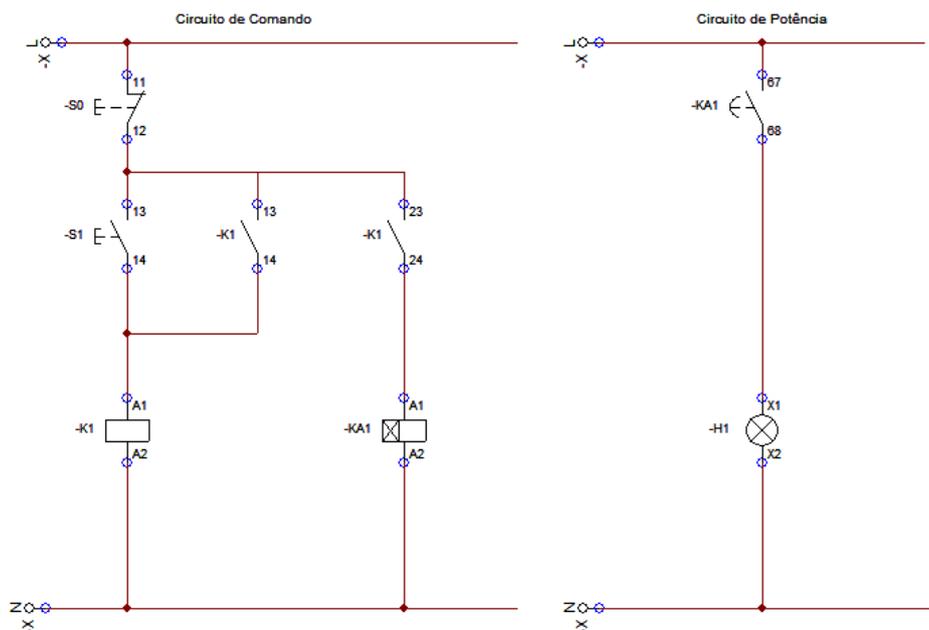


Figura 3.13 - Relé Temporizado ao Trabalho no CADe\_SIMU

Ao se inserir o relé acima, que será responsável por retardar o acendimento da lâmpada –H1, primeiro é necessário definir o tempo de espera para sua ativação. Para isso basta clicar duas vezes sobre o mesmo e configurar de maneira desejada, como pode ser visto, na Figura 3.14, a seguir:



Figura 3.14– Janela de Configuração do Relé Temporizado

Nesse exemplo o relé foi configurado com um tempo de espera de 3 segundos para permitir a passagem de corrente.

Agora a representação do circuito, apresentado na Figura 3.15, no PC\_SIMU:

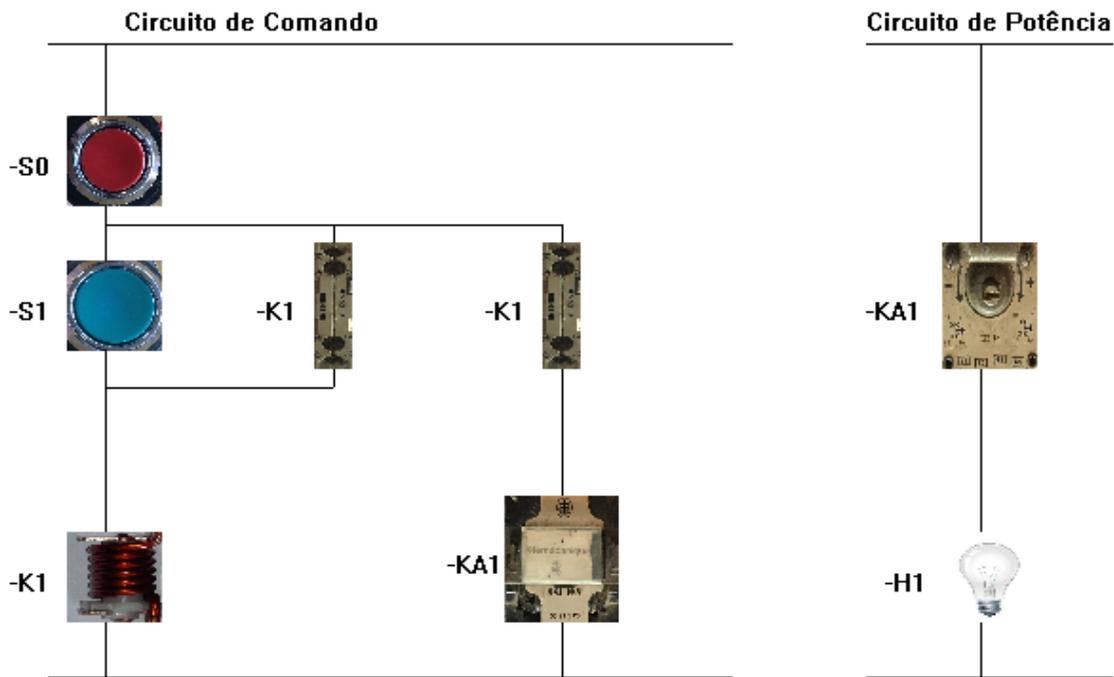


Figura 3.15 - Relé Temporizado ao Trabalho

## 4 MOTORES TRIFÁSICOS

### 4.1 Características Gerais

A maioria dos motores elétricos trifásicos são operados com correntes alternadas devido as vantagens que isso proporciona como:

- Limpeza e simplicidade de comando;
- Construção simples e custo reduzido;
- Grande versatilidade de adaptação às cargas dos mais diversos tipos.

Os motores trifásicos podem ser do tipo síncrono ou assíncrono. Os do tipo síncrono têm seu número de rotações por minuto (RPM) constante. Mas tais motores, os síncronos, não são tão utilizados na prática, devido os cuidados que se devem ter em seu modo de operação e pelas suas características construtivas apresentarem uma complexidade elevada.

Por outro lado, os motores assíncronos também denominados de motores de indução, apresentam uma enorme gama de aplicações industriais devido a seu baixo custo, simplicidade construtiva e suas diversas possibilidades de aplicações em projetos no ramo de engenharia.

Os motores de indução apresentam em sua constituição dois grupos de enrolamentos que são construídos sob as bobinas feitas de material ferromagnético, sendo:

- Um estático, denominado estator, que é constituído por bobinas fixas que são responsáveis pelo aparecimento do campo girante;
- Outro móvel, denominado rotor, esse que é constituído por bobinas que sofrem a ação do campo magnético girante e giram no interior do estator.

Vale salientar que geralmente o estator é também chamado de “indutor” e o rotor é denominado por “induzido”.

Os principais componentes construtivos de um motor trifásico são:

- Estator: trata-se um núcleo feito a partir de um material ferromagnético que é constituído por lâminas de ferro justapostas em uma formação de coroa circular.
- Enrolamento: é um conjunto de bobinas, geralmente feitas de cobre e raras vezes podem ser de alumínio;

- Rotor: possui como característica construtiva um conjunto de lâminas feitas de ferro contendo um baixo teor de silício. O núcleo do rotor é constituído por coroas circulares.

Em relação ao rotor deve-se ressaltar que há dois tipos principais:

- Gaiola: apresenta em sua base e tampa anéis metálicos que são usados para “curto-circuitar” as barras ferromagnéticas, encontradas em seu núcleo, e dessa forma permitir a passagem de corrente pelas mesmas. Essas barras devem permanecer isoladas umas das outras por meio de uma inserção de barras de cobre paralelas entre elas e conectadas por seus extremos por dois anéis condutores, que realizam o curto-circuito delas.

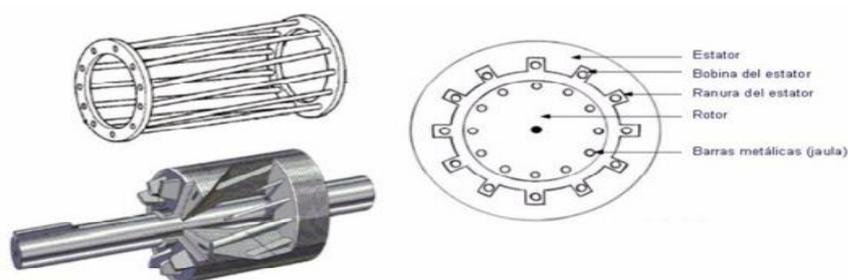


Figura 4.1- Aspectos Construtivos do Rotor Gaiola

Fonte: LUQUETA et al, 2018

- Bobinado: trata-se de um núcleo de material ferromagnético onde devem ser alocadas as espiras do enrolamento trifásico. Cada um dos terminais das bobinas conectados a três anéis coletores. Na Figura 4.2 é apresentado um rotor bobinado, conforme pode ser visto a seguir:

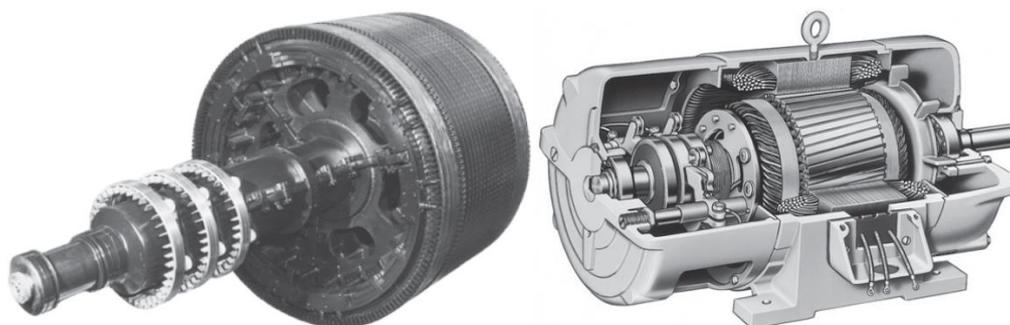


Figura 4.2 – Rotor Bobinado

Fonte: CHAPMAN, 1993

A utilização de motores CA, no geral, apresenta um número menor de falhas se comparados com os de CC. Tal característica decorre do fato dos motores CC possuírem problemas relacionados a comutação. Já uma considerável quantidade dos motores CA, nem sequer fazem a utilização dos anéis coletores, o que por sua vez acaba lhes conferindo um funcionamento correto e livre de falhas em um grande intervalo de tempo. Mas vale a pena salientar que os mesmos só apresentam um bom funcionamento em uma faixa bem definida de velocidades (HENRIQUE, 2018).

Os motores assíncronos apresentam três condutores em espirais com o mesmo valor de impedância dispostos sobre uma superfície de formato cilíndrico, onde os eixos simétricos normais a tais superfícies constituem um ângulo de 120 graus entre si. A seguir, na Figura 4.3, uma representação dessa construção:

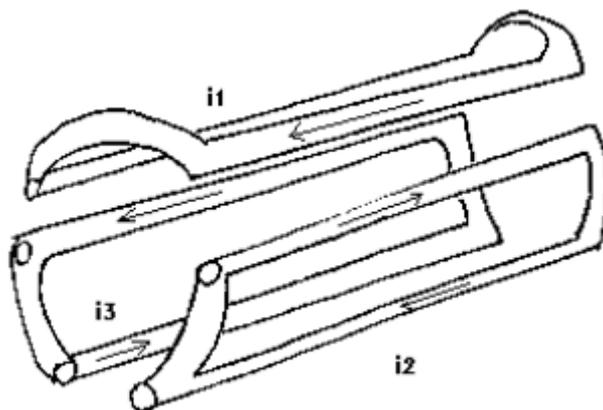


Figura 4.3 – Espiras de um Motor Assíncrono

Fonte: LUQUETA et al., 2018

Quando essas espiras são percorridas por correntes alternadas senoidais  $i(t)$ , com o mesmo valor de amplitude e defasadas em 120 graus entre si, um campo girante de indução eletromagnética  $B$  de intensidade constante é estabelecido, é usada a regra da mão direita para determinar a direção e o sentido dos campos magnéticos girantes representados por  $B_1$ ,  $B_2$  e  $B_3$ . Deve-se notar que o campo magnético é proporcional a corrente  $i(t)$ .

Ao se ligar um estator de um motor assíncrono em uma rede que possui tensões trifásicas, são geradas, em seus enrolamentos, correntes elétricas que dão origem a um campo magnético girante. Essas correntes de excitação possibilitam uma potência reativa suficiente para o estabelecimento desse campo magnético.

Tais tensões deverão apresentar uma defasagem de 120 graus entre si, e da mesma maneira as correntes resultantes das mesmas, estarão defasadas de 120 graus entre si. Tais correntes são responsáveis pelo aparecimento de campos magnéticos pulsantes, que quando são combinados dão origem a um campo resultante com valor constante. A velocidade de giro desse campo é um valor constante que é dependente do número de polos e da frequência da fonte de alimentação do estator respectivamente. Esta velocidade do campo girante é denominada de velocidade de sincronismo e denominada por  $N_s$ .

A seguir, na Figura 4.4, uma representação das correntes trifásicas:

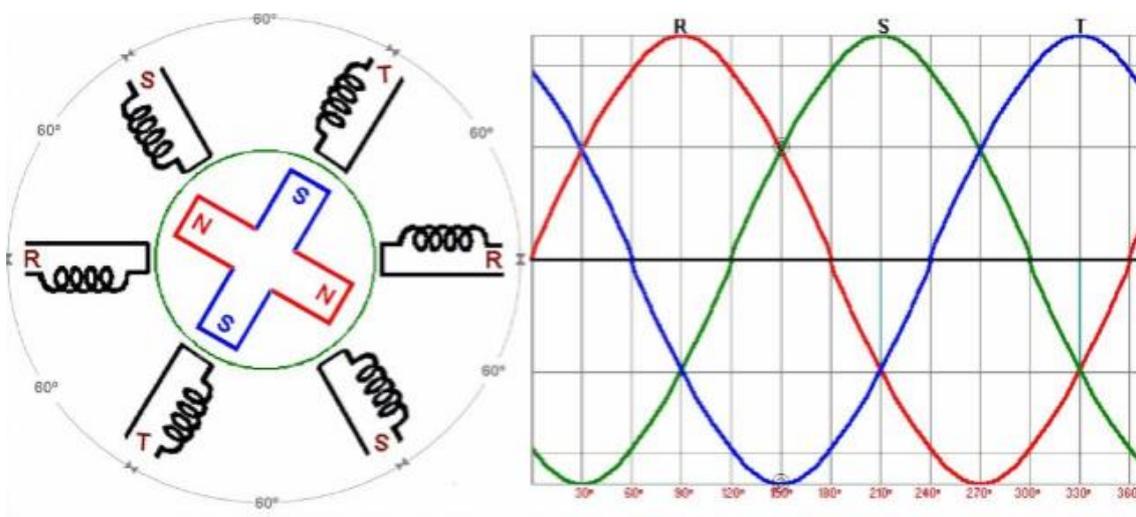


Figura 4.4– Representação das Correntes Trifásicas em Um Motor de Indução

Fonte - FITZGERALD, 2006

A equação para a velocidade de rotação do campo é a velocidade síncrona, que é dada por:

$$N_s = 120 \cdot f / p \quad (4.1)$$

Onde:

$N_s$  = velocidade síncrona medida em r.p.m;

$f$  = frequência medida em Hze

$p$  = número de polos.

Para se poder definir o sentido de rotação do campo, que é responsável pelo sentido de rotação do motor, precisa-se saber a sequência das tensões em cada uma das respectivas fases, o que no método prático consiste em simplesmente em realizar a inversão das ligações de quaisquer duas fases do estator em questão. As equações para se determinar as correntes trifásicas, podem ser matematicamente dadas por:

$$I_a(t) = I \cdot \text{sen}(\omega \cdot t) \quad (4.2)$$

$$I_b(t) = I \cdot \text{sen}(\omega \cdot t - 120^\circ) \quad (4.3)$$

$$I_c(t) = I \cdot \text{sen}(\omega \cdot t - 240^\circ) \quad (4.4)$$

Fonte - FITZGERALD, 2006

Onde:

I= corrente máxima;

t= instante de tempo e

$\omega$  = velocidade angular.

Outro aspecto a ser considerado em um motor de indução trifásico é o escorregamento, que é uma grandeza expressa em porcentagem, e varia, dependendo do tipo e tamanho do motor utilizado, à plena carga entre 1 a 5 por cento. Abaixo a fórmula para calcular essa grandeza:

$$S = (N_s - N) \cdot 100 / N_s \quad (4.5)$$

Onde:

S = escorregamento em porcentagem;

$N_s$  = velocidade síncrona em RPM e

N = Velocidade no rotor em RPM.

Já o torque de um motor de indução deverá ser dado por:

$$T = I_r \cdot \phi \cdot k \cdot \cos\theta \quad (4.6)$$

Onde:

T = torque do motor em N.m;

$I_r$  = corrente do rotor;

$\phi$  = fluxo do campo girante do estator em Wb;

$K$  = constante que depende de aspectos construtivos da máquina e

$\cos\theta$  = fator de potência do rotor.

A medida usada para se conseguir girar o eixo é denominada por conjugado do motor e pode ser calculada como visto abaixo:

$$C = F.d \quad (4.7)$$

Onde:

$C$  = conjugado em Nm;

$F$  = força em N e

$d$  = distância de aplicação da força.

A seguir a Figura 4.5 apresenta um motor de indução trifásico e suas respectivas partes constituintes:

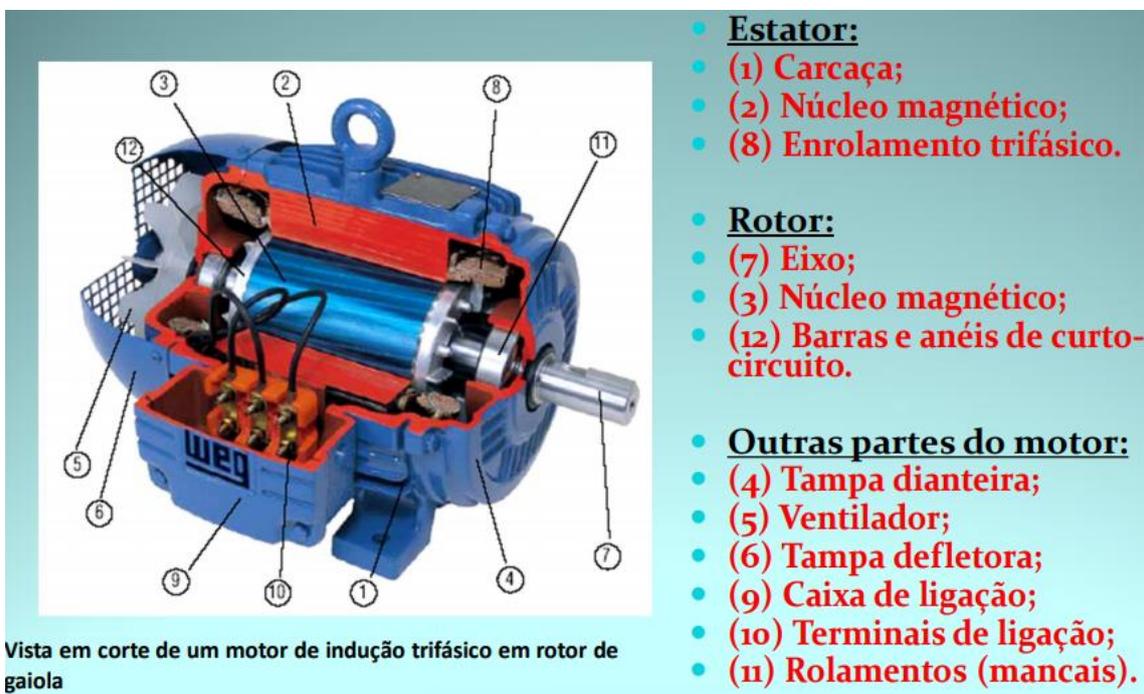


Figura 4.5 – Partes Constituintes de Um Motor de Indução Trifásico com Rotor Gaiola

Fonte: PINHEIRO, 2018

## 4.2 Partida Direta Com Sinalização

É um tipo particular de partida no qual o motor de indução capta, em seus terminais, o valor de tensão plena. O uso de sinalização será feito para se efetivar os conceitos adquiridos sobre comandos elétricos e dessa forma inserir tais elementos no circuito de comando para o acionamento de motores trifásicos.

Esse é o método mais simples de ser implementado devido ao fato de não ser preciso a utilização de dispositivos singulares para se conseguir realizar o acionamento de máquinas trifásicas. São necessários apenas chaves de interrupção, disjuntores, contadores para que se possa alimentar o motor, em sua partida, a uma tensão plena. É importante notar que tal tipo de partida só é possível se as condições listadas abaixo forem obedecidas:

- Sua corrente de partida deverá ser baixa, pois o motor apresenta uma potência reduzida;
- A rede de alimentação deverá ter uma capacidade nominal com um valor mínimo necessário para que a corrente de partida do motor seja desprezível e
- A duração da corrente de partida deverá ser curta, para isso a partida é efetuada sem carga o que, por sua vez, suaviza seus efeitos sobre o sistema de alimentação. (SOUZA, 2009)

Abaixo um exemplo de partida com sinalização no CAD\_SIMU e no PC\_SIMU, na Figura 4.6 e pela Figura 4.7, respectivamente:

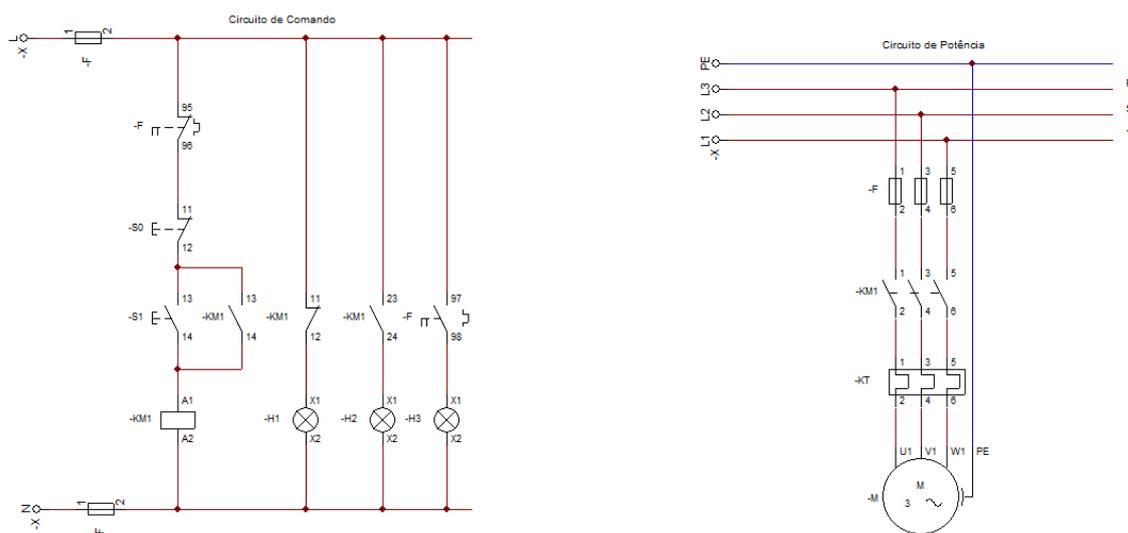


Figura 4.6 – Partida Direta Com Sinalização no CADe\_SIMU

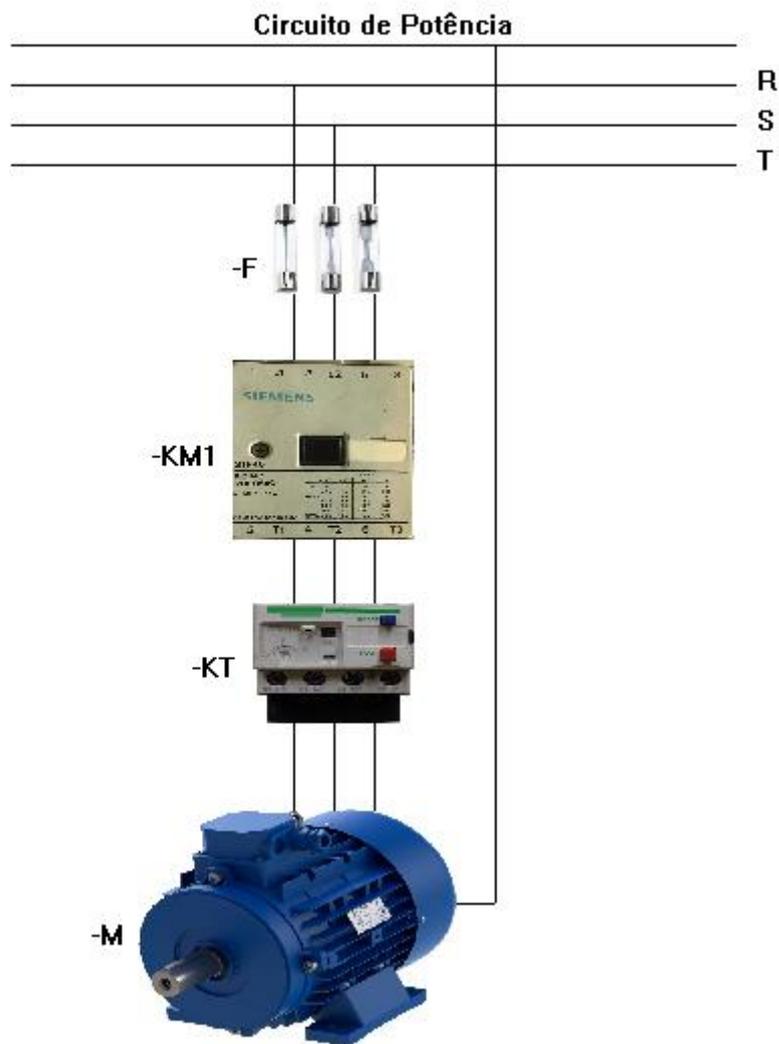


Figura 4.7 – Partida Direta Com Sinalização no PC\_SIMU

O circuito acima apresenta o funcionamento bem simples, toda vez que a botoeira –S1 for pressionada uma lâmpada de sinalização irá indicar o que está ocorrendo no circuito. Nesse exemplo a lâmpada –H2, ao ser ativada, indicará que o motor foi acionado.

### 4.3 Partida Direta Com Reversão

Esse tipo de montagem irá possibilitar o acionamento de um motor trifásico de modo automático com a reversão em seu sentido de rotação. Nota-se que, tal configuração é bem semelhante à da partida direta.

Para suprir a exigência de reversão de giro motor elétrico trifásico deve-se atuar diretamente no campo magnético girante do mesmo. Desse modo, quando a inversão de

mais de uma das fases do motor é feita isso irá acarretar a mudança no sentido de rotação dele.

A Figura 4.8 conjuntamente com a Figura 4.9 apresentam um exemplo desse tipo de partida nos dois softwares estudados:

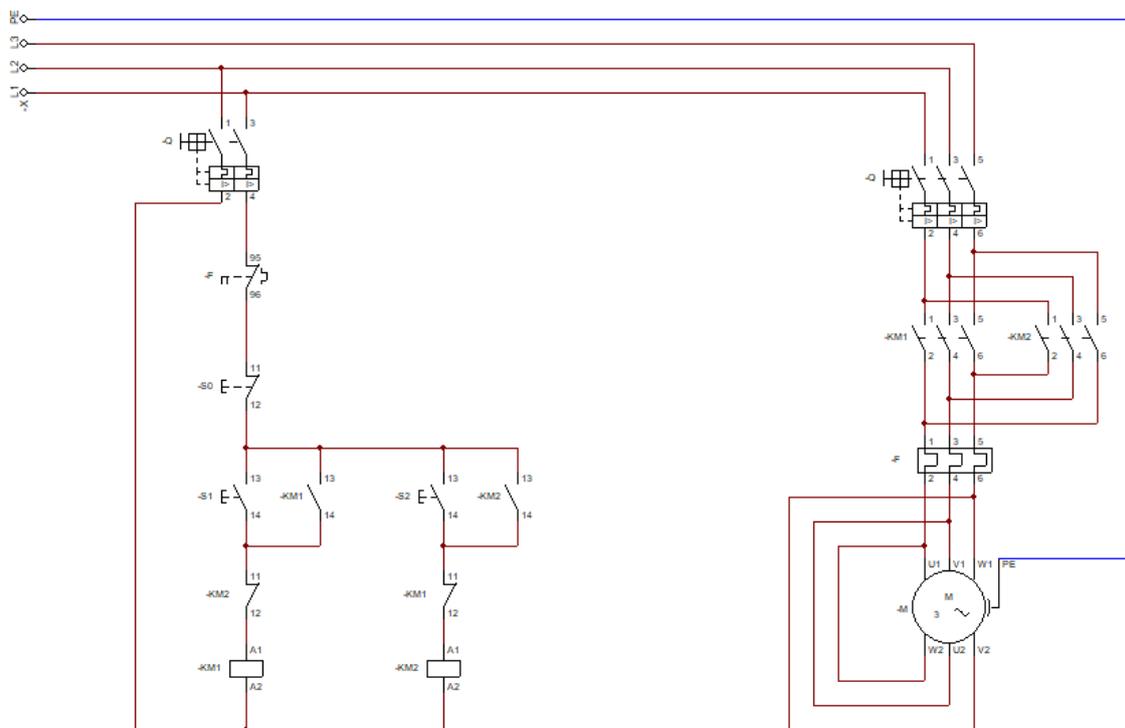


Figura 4.8 - Partida Direta Com Reversão No CADe\_SIMU

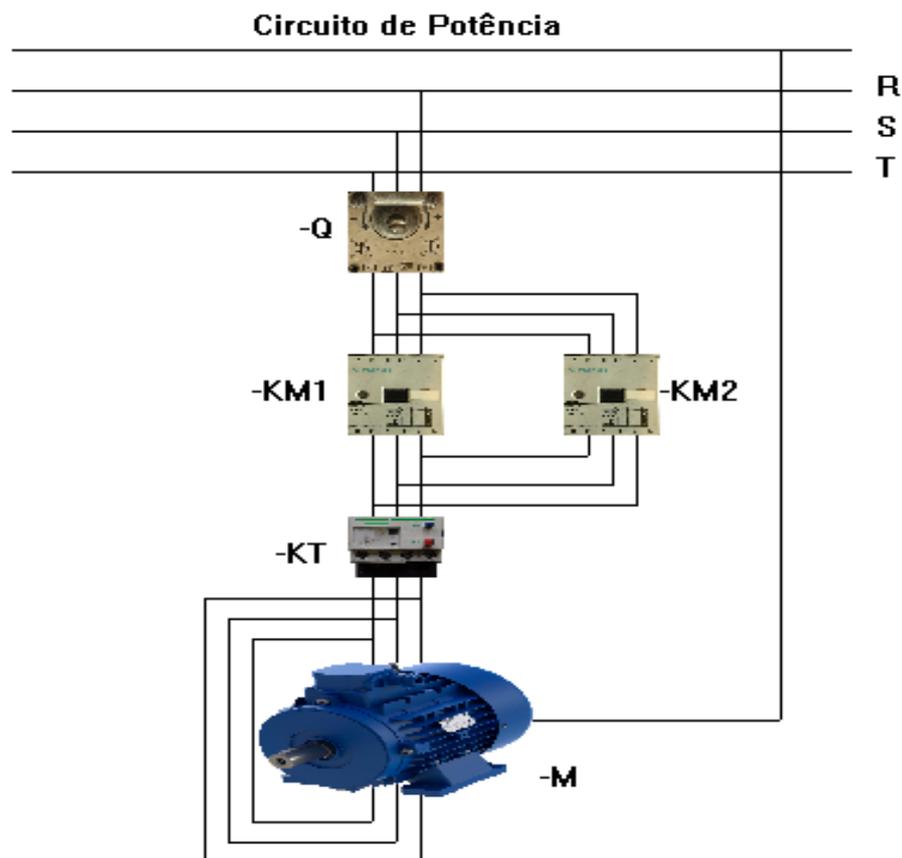


Figura 4.9 – Partida Direta Com Reversão

Pode-se observar que no diagrama de potência acima, a alimentação trifásica do motor elétrico foi feita por L1, L2 e L3 e liberada pelos contatores -KM1 e -KM2, é importante notar que ambos jamais poderão ser ligados concomitantemente, pois se isso ocorrer haverá um curto circuito na saída deles. Por isso foi necessário realizar contatos selos para realizar o intertravamento no circuito de comando.

#### 4.4 Partida Estrela-Triângulo

Esse tipo especial de partida irá inicializar a partida do motor trifásico em uma ligação denominada estrela, e após um curto intervalo de tempo, após a partida, irá migrar para outro tipo ligação denominado de triângulo. Isso é feito com o intuito de diminuir a corrente elétrica no arranque do motor trifásico.

Deve-se observar que nesse caso o motor deverá possuir, pelo menos, seis terminais de conexão para a realização desse tipo de partida. Vale salientar ainda que, por mais simples que possa parecer esse tipo de configuração deve ser aplicado atentamente, pois

a ação de diminuir a corrente de partida ocasiona uma reação de queda no torque do motor. Isso pode comprometer todo o projeto elaborado.

A utilização da partida estrela-triângulo possibilita, no motor trifásico, vantagens como:

- A redução da corrente de partida;
- A suavização da partida do motor;
- Possui um grande número de manobras e
- A viabilização para uma enorme gama de aplicações práticas.

E também possui algumas desvantagens como:

- O valor da tensão da rede de alimentação deve ser igual ao da tensão em triângulo do motor;
- Ser utilizado especificamente em motores trifásicos que apresentam duas tensões nominais e tenham seis terminais;
- O conjugado de partida é 3 vezes menor que o conjugado nominal e
- É necessário que o motor atinja no mínimo 90 por cento de sua velocidade de regime, impossibilitando dessa forma que a corrente de pico, na comutação, assumam valores próximos da corrente de partida com acionamento direto (SOUZA, 2009).

Esse tipo de partida é demonstrado no PC\_SIMU, pela Figura 4.10, e no CADe\_SIMU, pela Figura 4.11, conforme pode apresentado em sequência:

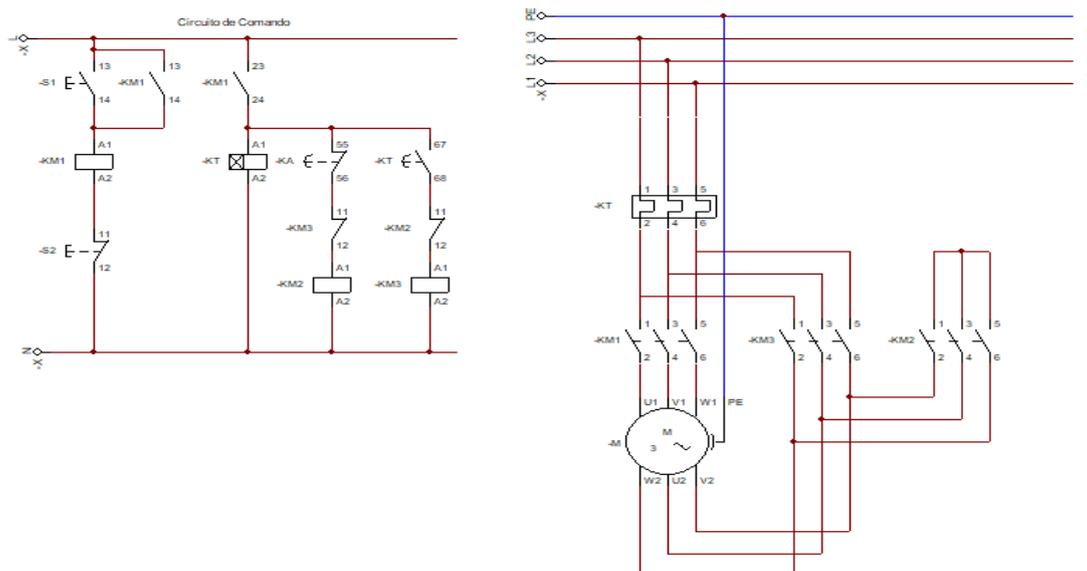


Figura 4.10– Partida Estrela-Triângulo No CADe\_SIMU

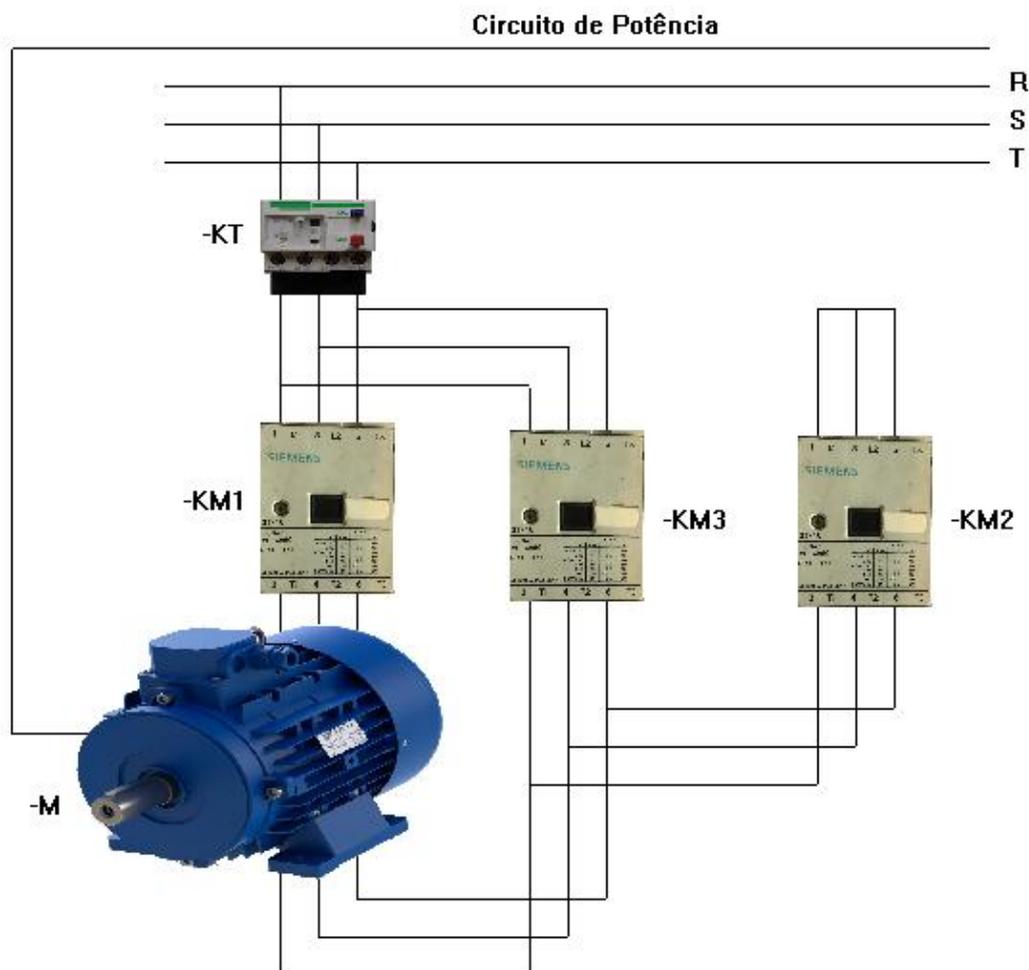


Figura 4.11 – Partida Estrela-Triângulo No CADe\_SIMU

Primeiramente o motor recebe uma tensão menor que sua tensão nominal em seus terminais, nessa etapa ele se encontra na configuração estrela e, desse modo, os contadores -KM1 e -KM2 estão acionados. A Figura 4.12 mostra esse tipo de configuração.

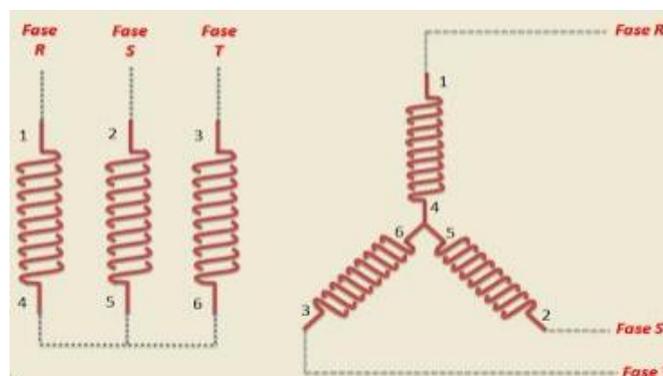


Figura 4.12 - Configuração Estrela

Fonte: MORAES, 2018

Nessa configuração a corrente de partida é 3 vezes menor que a nominal. Entretanto o motor não deverá funcionar utilizando-se esse valor de tensão reduzida. Desse modo, após um determinado intervalo de tempo, ele é alterado para a configuração triângulo para que suas respectivas bobinas possam ser alimentadas pela tensão nominal. Os contatores –KM1 e –KM2 são os responsáveis por efetivar essa ligação.

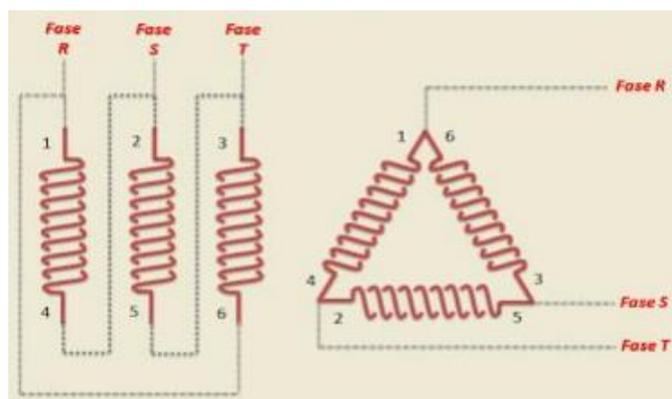


Figura 4.13 - Configuração Triângulo

Fonte: MORAES, 2016

## 5 CONCLUSÃO

Com a finalidade de suprir a escassez de conhecimento, dos estudantes de engenharia, em relação a comandos elétricos e acionamentos de motores trifásicos, essa monografia mostra ser útil ao introduzir e explicar o funcionamento dos softwares CAdE\_SIMU e PC\_SIMU para realizar simulações computacionais de montagens reais. Para isso foram abordados vários aspectos em relação a seus componentes como relés, fusíveis, disjuntores, botoeiras, sinalizadores, contadores e algumas normas regulamentadoras.

Foi realizada uma abordagem detalhada acerca do funcionamento e dos aspectos construtivos de motores C.A. e utilizando diversos métodos e técnicas específicas de comandos elétricos para o cumprimento de tal objetivo.

Para promover um melhor entendimento por parte dos alunos da Escola de Minas que cursam a disciplina de Eletrotécnica, foi utilizado o PC\_SIMU, que é um software gráfico que permite a inserção de imagens para visualizar na tela do computador o funcionamento de circuitos com acionamentos elétricos. Para se atingir os objetivos propostos foram, inseridas e utilizadas no PC\_SIMU, fotos de equipamentos reais do Laboratório de Eletrotécnica da Escola de Minas da UFOP. Dessa forma, os estudantes irão sentir mais confortáveis e dispostos para aprender, projetar e dimensionar montagens de circuitos elétricos.

Dito isso, vale a pena frisar que a utilização dos dois softwares no aprendizado do tema em questão irá propiciar um aprendizado mais dinâmico e acelerado, pois ao se utilizarem ambos o estudante pode obter e entender tudo em seu computador pessoal sem ter que se deslocar para um laboratório e fazer montagens físicas do circuito de acionamento desejado, e desse modo poderá estimular a curiosidade e também proporcionar uma compreensão maior sobre o assunto por aqueles que assim desejarem mergulhar nesse campo de estudo.

## REFERÊNCIAS

BOTOEIRAS: tipos e aplicações. Disponível em: <[athoselectronics.com/botoeiras-tipos-e-aplicacoes](http://athoselectronics.com/botoeiras-tipos-e-aplicacoes)>. Acesso em: 07 jan. 2018.

BRAGA, Newton C. **Tudo Sobre Relés**. Disponível em: <<http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/como-funciona/597-como-funcionam-os-reles?showall=1&limitstart=>>>. Acesso em: 11 jan. 2018.

CHAPMAN, Stephen J. **Fundamentos de Máquinas Elétricas**. 5. ed. Porto Alegre: Amgh, 2013. 684 p.

HENRIQUE, Hélio. **Comandos Elétricos: Simbologia, Associação de Contatos e Conceitos Básicos**. Disponível em: <<https://docente.ifrn.edu.br/heliopinheiro/Disciplinas/maquinas-e-acionamentos-eletricos-ii/conceitos-de-comandos-eletricos>>. Acesso em: 15 jan. 2018.

KEHR, Manfred. **Manual dos Comandos Elétricos**. Recife: Sactes, 1993. 110 p.

LUQUETA, Gerson et al. **Motores**. Disponível em: <[http://sinop.unemat.br/site\\_antigo/prof/foto\\_p\\_downloads/fot\\_13704maquinas\\_pyonto\\_pdf\\_MAQUINAS\\_PRONTO.pdf](http://sinop.unemat.br/site_antigo/prof/foto_p_downloads/fot_13704maquinas_pyonto_pdf_MAQUINAS_PRONTO.pdf)>. Acesso em: 16 jan. 2018.

MATSUMI, Carlos T.. **Comandos Elétricos**. Disponível em: <[http://www.joinville.ifsc.edu.br/~matsumi/geral/Comandos\\_Eletricos/Aula\\_Comandos\\_Eletricos\\_Industriais.pdf](http://www.joinville.ifsc.edu.br/~matsumi/geral/Comandos_Eletricos/Aula_Comandos_Eletricos_Industriais.pdf)>. Acesso em: 09 jan. 2018.

MORAES, Everton. **CADe SIMU: Download Gratuito Software para Comandos Elétricos**. Disponível em: <<https://www.saladaeletrica.com.br/download-cade-simu-portugues-2/>>. Acesso em: 12 jan. 2018.

MORAES, Everton. **Comandos Elétricos: Principais Fundamentos E Aplicações**. Disponível em: <<https://www.saladaeletrica.com.br/comandos-eletricos/>>. Acesso em: 04 jan. 2018.

MORAES, Everton. **Partida Estrela-Triângulo: Do Zero ao Dimensionamento Completo**. Disponível em: <<http://cursodecomandoseletricos.com.br/wp-content/uploads/2016/02/Partida-Estrela-Triangulo-do-Zero-ao-Dimensionamento-versao1.0.pdf>>. Acesso em: 07 fev. 2018.

MORAES, Everton. **PC\_SIMU**. Disponível em: <<https://page.saladaeletrica.com.br/pc-simu/>>. Acesso em: 14 jan. 2018.

MOREIRA, Ilo da Silva. **Comandos elétricos de sistemas pneumáticos e hidráulicos**. 5. ed. São Paulo: Senai, 2012. 197 p.

PINHEIRO, Hélio. **Motores Trifásico de Corrente Alternada**. Disponível em: <[file:///C:/Users/Tiago/Downloads/Modulo2\\_Motores Trifasicos CA\\_22 a 44\\_2007 \(2\).pdf](file:///C:/Users/Tiago/Downloads/Modulo2_Motores%20Trifasicos%20CA_22%20a%2044_2007(2).pdf)>. Acesso em: 16 jan. 2018.

SENAI. **Apostila de Componentes de Comandos Eletroeletrônico**. Disponível em: <<shttp://slideplayer.com.br/slide/3772300/>>. Acesso em: 06 jan. 2018.

SILVA, Carlos A.. **Comandos Elétricos Industriais**. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/CarlosSilva380/apostila-comandos-eletricos-38211903>>. Acesso em: 10 jan. 2018.

SILVA, Domiciano Correa Marques da. **Fusíveis. O que são fusíveis? Como funcionam?** Disponível em: <<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/fusiveis.htm>>. Acesso em: 08 jan. 2018.

SIMBOLOGIA comandos elétricos. Disponível em: <<https://ensinandoeletrica.blogspot.com.br/2013/12/simbologia-comandos-eletricos.html>>. Acesso em: 13 jan. 2018.

SOUZA, Neemias S.. **Apostila De Acionamentos Elétricos.** 2009. Disponível em: <<https://docente.ifrn.edu.br/heliopinheiro/Disciplinas/maquinas-e-acionamentos-eletricos-ii/apostila-basica>>. Acesso em: 12 fev. 2018.

UMANS, S. D. **Máquinas elétricas de Fitzgerald e Kingsley.** 7. ed. Porto Alegre: AMGH, 2014. 728 p.

USP. **Dispositivos de Comando - Contatores.** Disponível em: <[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/136674/mod\\_resource/content/2/teo\\_dispositivos\\_comando.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/136674/mod_resource/content/2/teo_dispositivos_comando.pdf)>. Acesso em: 12 jan. 2018.