

ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL PROF. ARMANDO JOSÉ FARINAZZO
CENTRO PAULO SOUZA

Alexandre Moises Silva Moreira
Isabella Nogueira da Silva
Juraci Emidio Fonseca

COMANDOS ELÉTRICOS E APLICAÇÃO DO CADe SIMU

Fernandópolis

2024

Alexandre Moises Silva Moreira

Isabella Nogueira da Silva

Juraci Emidio Fonseca

COMANDOS ELÉTRICOS E APLICAÇÃO DO CADe SIMU

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência parcial para obtenção da Habilitação Profissional Técnica de Nível Médio de Técnico em Eletrotécnica, no Eixo Controle e Processos Industriais, à Escola Técnica Estadual Professor Armando José Farinazzo, sob orientação do Professor Marcos Antonio Assis

Fernandópolis

2024

Alexandre Moises Silva Moreira

Isabella Nogueira da Silva

Juraci Emidio Fonseca

COMANDOS ELÉTRICOS E APLICAÇÃO DO CADe SIMU

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência parcial para obtenção da Habilitação Profissional Técnica de Nível Médio de Técnico em Eletrotécnica, no Eixo Controle e Processos Industriais, à Escola Técnica Estadual Professor Armando José Farinazzo, sob orientação do Professor Marcos Antonio Assis

Examinadores:

Marcos Antonio de Assis

Indiara Joice Tarquete de Castro

Fernando Corsini Landim

Fernandópolis

2024

DEDICATÓRIA

Dedicamos este trabalho aos nossos familiares, colegas e professores, por acreditarem na nossa capacidade e desempenho. Dedicamos ao nosso orientador Marcos Antonio Assis, que sempre compartilhou sua experiência de forma construtiva. Gratidão.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus que nos deu a oportunidade, força e coragem para, superar os desafios.

Nossos familiares que nos apoiaram diariamente, dedicando incansavelmente para a conclusão do nosso trabalho.

Aos nossos professores que não mediram esforços nos auxiliando dando todo suporte necessário.

Nossos colegas de curso, que diariamente desenvolvemos um trabalho em equipe.

A nosso orientador Marcos Antonio Assis pelas correções e ensinamentos que foram fundamentais para a elaboração desse trabalho.

EPÍGRAFE

“Antes de mais nada, a preparação é a chave para o sucesso.” Alexander Graham Bell

RESUMO

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresenta um estudo sobre comandos elétricos e a aplicação do software CADe SIMU, ferramenta essencial para a simulação e criação de projetos eletrotécnicos. A pesquisa aborda a importância dos comandos elétricos na automação industrial e construção, destacando componentes como fusíveis, relés, disjuntores, contadores, sinalizadores, entre outros. Além disso, explora a funcionalidade do CADe SIMU na elaboração de diagramas elétricos e de potência, facilitando a visualização e correção de erros em circuitos. O trabalho também examina diferentes métodos de partida de motores elétricos trifásicos, incluindo partida direta, com reversão, estrela-triângulo, soft-starter e inversor de frequência. A aplicação prática do CADe SIMU demonstrou ser uma ferramenta eficaz para a aprendizagem e desenvolvimento de comandos elétricos, contribuindo para a formação técnica e profissional.

Palavras-chave: Comandos Elétricos. CADe SIMU. Automação Industrial. Motores Trifásicos. Partida de Motores.

ABSTRACT

This Graduation Project presents a study on electrical commands and the application of the CADe SIMU software, an essential tool for the simulation and creation of electrotechnical projects. The research addresses the importance of electrical commands in industrial automation and construction, highlighting components such as fuses, relays, circuit breakers, contactors, indicators, among others. Additionally, it explores the functionality of CADe SIMU in the elaboration of electrical and power diagrams, facilitating the visualization and correction of errors in circuits. The work also examines different methods of starting three-phase electric motors, including direct start, with reversal, star-delta, soft-starter, and frequency inverter. The practical application of CADe SIMU proved to be an effective tool for learning and developing electrical commands, contributing to the technical and professional.

Keywords: Electrical Commands. CADe SIMU. Industrial Automation. Three-phase motors. Motor Starters.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Simbologia Gráfica do Cade Simu.....	36
Quadro 2 – Símbolos literais segundo NBR5280	37

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Diferentes Modelos de Fusíveis.....	18
Figura 2 – Diagrama esquemático de um relé.....	19
Figura 3 – Relé Térmico de Sobrecarga.....	20
Figura 4 – Relé de Tempo.....	21
Figura 5 – Relé Falta Fase.....	21
Figura 6 – Disjuntor monopolar, bipolar e tripolar	23
Figura 7 – Disjuntor magnético	23
Figura 8 – Disjuntor termomagnético	24
Figura 9 - Disjuntor Motor	25
Figura 10 – Diferentes tipos de botões.....	26
Figura 11– Chave seccionadora.....	26
Figura 12 – Contatora	27
Figura 13 – Dispositivos de Sinalização.....	28
Figura 14 – Painel Elétrico.....	30
Figura 15 – Interface dos comandos do CADe_SIMU	32
Figura 16 – Interface alimentação.....	32
Figura 17 – Interface Fusíveis e seccionadores.....	33
Figura 18 – Interface Automáticos e Disjuntores.....	33
Figura 19 – Interface Contadores e Comutadores.....	33
Figura 20 – Interface Motore.....	34
Figura 21 – Interface Soft-starter e Inversores.....	34
Figura 22 – Interface Contatos auxiliares e contatos de timers	34
Figura 23 – Interface Botão de acionamentos.....	35
Figura 24 – Interface Detectores.....	35

Figura 25 – Interface Bobinas e Sinais	35
Figura 26 – Interface Relés Eletrônicos	36
Figura 27 – Diagrama Partida Direta.....	39
Figura 28 – Diagrama Partida Direta após o acionamento dos disjuntores.....	40
Figura 29 – Diagrama partida direta após o motor estar em funcionamento.....	40
Figura 30 – Diagrama partida direta com reversão.....	41
Figura 31 – Diagrama partida direta com reversão motor no sentido horário.....	42
Figura 32 – Diagrama partida direta com reversão após o acionamento do motor no sentido anti-horário.....	42
Figura 33 - Diagrama partida estrela-triângulo	44
Figura 34 – Diagrama partida estrela-triângulo após acionamento das contadoras K1 e K3, o motor é acionado em estrela.....	44
Figura 35 – Diagrama partida estrela-triângulo após 6 segundos desliga K3 e acionado contatora K2 o motor trabalha no fechamento triângulo	45
Figura 36 – Diagrama Soft Starter.....	46
Figura 37 – Diagrama da interface da parametrização do Soft Starter	47
Figura 38 – Diagrama atuação do Soft Starter após acionamento do motor.....	47
Figura 39 – Diagrama da interface Soft Starter após desligamento do motor.....	48
Figura 40 – Diagrama do Inversor de Frequência.....	49
Figura 41 – Representação da interface de alguns parâmetros.....	50
Figura 42 – Representação da interface após ligado o motor no sentido anti-horário usando variador de frequência	50
Figura 43 – Representação da interface após ligado S3 o motor no sentido horário usando a frequência de 50 hz já estabelecida pelos parâmetros	51
Figura 44 – Representação da interface após ligado S4 o motor no sentido horário usando a frequência de 100 hz já estabelecida pelos parâmetros.....	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CA – Corrente alternada

CC – Corrente continua

DC – *Direct current*

IGBT – *Insulated Gate Bipolar Transistor* (Transistor Bipolar de Porta Isolada)

NA – Normal aberto

NBR – Norma Brasileira

NF – Normal fechado

PMW – *Pulse-Width Modulation* (Modulação por largura de pulso)

LISTA DE SÍMBOLOS

() – O que foi provavelmente dito (dúvida na transcrição)

. – Ponto final

, - Virgula, indicativo de pausa

: - Dois pontos, pausa breve antes de um esclarecimento

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	14
CAPÍTULO I.....	17
1. COMANDOS ELÉTRICOS.....	17
1.2. COMPONENTES PRESENTES NOS COMANDOS ELÉTRICOS.....	17
1.3. FUSÍVEL.....	18
1.4. RELÉS.....	19
1.4.1 Classificação dos réles.....	20
1.5. DISJUNTOR	22
1.5.1 Tipos de disjuntores	22
1.6. DISJUNTOR-MOTOR	24
1.7. BOTÕES	25
1.8. SECCIONADORA.....	26
1.9. CONTATOR	27
1.10. SINALIZADORES	28
1.11. BORNES.....	29
1.12. CABINE OU PAINEL ELÉTRICO	30
CAPÍTULO II	31
2. CADe SIMU	31
2.1. APRESENTAÇÃO DO CADe SIMU.....	31
2.2. Apresentação Simbologia Gráfica do CADe Simu	36
2.3 - Simbologia Gráfica.....	37
CAPÍTULO III	38
3. PARTIDA DE MOTORES ELÉTRICOS TRIFÁSICO	38
3.1 Partida Direta.....	38

3.2 Partida Direta com Reversão.....	41
3.3 Partida Estrêla-Triangulo.....	43
3.4 Soft-start.....	45
3.5. Inversor de Frequência.....	48
CONCLUSÃO	52
REFERÊNCIAS	53

INTRODUÇÃO

Os comandos elétricos são extremamente importantes na linha industrial e construção, eles são a base principal para a automação e circuitos elétricos, no qual por meio de um circuito de força e um circuito de comando fazem funcionar de forma simples e inteligente máquinas e equipamentos elétricos (BABOS, 2023). A partir desse princípio através do comando elétrico se torna capaz o correto manejo de motores elétricos no ramo industrial, evitando dessa maneira a falha humana tornando-o mais seguro, tanto para instalação quanto para os clientes. Possibilitando o controle por intermédio de botões e até remotamente (MANFRED,1993). Encontra-se nas instalações elétricas industriais dois tipos de circuitos existentes: Circuito de Potência: pode ser monofásico, bifásico e trifásico, essa parte lidera os dispositivos de alimentação, contatos e proteção. Normalmente essa carga costuma ser trifásica, devido aos motores, necessitando de bitolas espessas em razão da corrente que irá passar. Circuito de Comando: diferente do anterior, suporta uma corrente menor, logo as bitolas serão menores. Ele dispõe de uma combinação de dispositivos para o acionamento das cargas elétricas e sinaleiros. A Automação nos comandos elétricos serve tanto para facilitar o processo em indústrias e garantir a segurança do colaborador que está atuando e para o circuito completo.

O software CADe SIMU é uma base de aplicação para desenvolver simulações e diagramas elétricos e diagramas de potência, além de disponibilizar e apresentar uma grande variedade de símbolos eletrotécnicos na qual facilita a criação dos projetos sendo possível testar a lógica e o funcionamento do circuito.

Devido à dificuldade apresentada em sala de aula com o componente de desenho técnico e comandos elétricos, na parte de criação do desenho e de

visualizar um circuito de comando e força para colocar na prática e em funcionamento, concluímos que seria interessante aplicação do software CADe SIMU no dia a dia acadêmico e profissional, para desenvolvimento de comandos elétricos, com o objetivo principal de aprendizagem permitindo executar um projeto, mostrando a simulação para corrigir possíveis erros na sua execução. Assim será possível utilizar e desenvolver um recurso para ajudar na compreensão de comandos elétricos no processo de aprendizagem, utilizar e manusear corretamente o software CADe SIMU, apresentar os tipos de ligações possíveis em motores trifásicos, ter noção dos componentes que constitui o circuito de força e comando e na interface do software CADe SIMU.

CAPÍTULO I

1. Comandos Elétricos

Os comandos elétricos representam a base da automação, por meio de suas lógicas de controle e ativação. Eles têm a finalidade de acionar máquinas e equipamentos, como os motores trifásicos, amplamente utilizados na indústria. (Blog Casa do Eletricista, 2024)

De acordo com Moraes (2013) no setor industrial é onde a maioria dos profissionais especializados em elétrica atuam, realizando uma variedade de tarefas que vão desde a manipulação e controle de equipamentos elétricos, como motores, até a ativação de circuitos elétricos compostos por um circuito de comando e outro de potência.

1.2. Componentes presentes nos comandos elétricos

Abaixo serão apresentados os componentes presentes nos comandos elétricos, que são definidos para controlar o desempenho de máquinas ou equipamentos, a fim de assegurar a proteção contra prejuízos a dispositivos, materiais e aos colaboradores. Nesses componentes estão presentes os circuitos de força e de comandos. Dispositivos de proteção para motores são empregados nos sistemas de comandos elétricos. (TAQUES, 2016)

1.3. Fusível

O fusível é um dispositivo para proteção elétrica, ele tem a função de interromper a corrente elétrica no circuito, atuando quando a corrente ultrapassar o limite indicado por ele, dependendo da sua classificação ele é classificado como rápido ou lento e isso é indicado pelo tempo de sua atuação em proteção de motores elétricos. O fusível é constituído por um corpo oco, por exemplo por um cilindro de vidro ou plástico muito pequeno, no interior possui um elo condutor metálico, com material de chumbo ou estanho e esse elo fica conectado a duas capsulas de metal, que se encontram nas duas extremidades, assim, caso ocorra um curto-circuito, o fio da fusão se romperá devido à sua fusão, impedindo a passagem de corrente para o restante do circuito. (Blog Permak, 2023)

A figura 1 contém os tipos mais utilizados.

Figura 1: Diferentes Modelos de Fusíveis



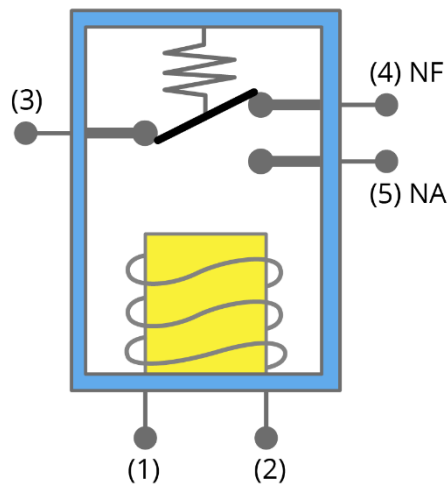
Fonte: Rossot, 2022

1.4. RELÉS

Um relé é um dispositivo usado em um circuito de controle para fazer mudanças rápidas e predeterminadas no circuito de corrente quando certas condições exigidas são atingidas. Sua principal função é acionar o sistema de direção sem interromper os circuitos de controle. Quando adicionado a fiação, sua finalidade é garantir o correto funcionamento de outro componente elétricos ou de algum circuito elétrico relacionado ao relé em resposta a alteração no equipamento devido á passagem de cargas elétricas. (BRAGA, 2018)

Segundo Souza (2009), os relés são elementos fundamentais na manobra de cargas elétricas, pois permitem a combinação de lógicas no comando e a separação do circuito de potência e comando. Os relés podem ser abertos ou fechados e sua utilização depende principalmente de suas características, como a tensão e corrente que ele pode suportar. Os mais simples são compostos por uma estrutura com cinco terminais; os terminais (1) e (2) envolvem a bobina de fiação, enquanto o terminal (3) é a entrada, os terminais (4) e (5) comunicam os contatos normal fechado (NF) e Normal aberto (NA), figura 2.

Figura 2: Diagrama esquemático de um relé.



Fonte: Souza, 2009

1.4.1. Classificação dos relés

O relé térmico de sobrecarga é um componente de segurança que protege contra o sobreaquecimento do motor devido a sobrecorrente e perda de fase geralmente empregado em motores elétricos. (blog sala da elétrica, 2017) Com esta elevação causa o acionamento do mecanismo de disparo que atuará sobre os contatos auxiliares 95-96 (NF) e 97-98 (NA). Ele também necessita de ajustes específicos de acordo com cada circuito e tipo de motor a ser utilizado. (Blog ABB, 2021)

Figura 3: Relé Térmico de Sobrecarga.



Fonte: WEG, 2024

Relé de tempo é um dispositivo que permite comutar um sinal de saída de acordo com o tempo ajustado, em conformidade com sua função. Ele é amplamente utilizado na automação de máquinas e processos industriais, como partidas de motores, quadros de comando, fornos industriais, injetoras, entre outros. Sua eletrônica digital proporciona alta precisão, repetibilidade e imunidade a ruídos, tornando-o indispensáveis para a gestão eficiente e precisa de processos industriais. (SENAI, 2013)

Figura 4: Relé de Tempo



Fonte: WEG, 2024

Relé Falta Fase é fundamental para sistemas trifásicos, programado para detectar a falta de uma ou mais fases da rede de distribuição elétrica, além disso ele pode identificar instabilidade nas fases, assimetrias nos ângulos de defasamento, tensões incompatíveis e ausência do neutro. Ele atua interrompendo o circuito caso constate falta de fase por um determinado período, evitando danos aos motores elétricos e demais equipamentos. (WEG, 2024)

Figura 5: Relé Falta Fase



Fonte: WEG, 2024

1.5. Disjuntor

Disjuntor tem a função de proteção contra curtos-circuitos, sendo instalado logo após os fusíveis no quadro de distribuição de força, levando em consideração a demanda de corrente para o dimensionamento.

1.5.1. Tipos de disjuntores

- **Disjuntor Monopolar** é indicado para instalações com apenas uma fase por exemplo: uso em tomadas, iluminação entre outros;
- **Disjuntor Bipolar** é indicado para instalações com duas fases por exemplo: chuveiro, ar-condicionado entre outros;
- **Disjuntores Tripolar** é indicado para instalações com três fases por exemplo: motores trifásicos, máquinas pesadas entre outros;
- **Disjuntores Térmicos** são dispositivos que ativam pôr a detecção do aumento elevado da temperatura, esse calor faz com que uma lâmina se encurva no interior do equipamento, que tem por resultado a desativação do circuito;
- **Disjuntores Magnéticos** são projetados para proteger a instalação contra curto-circuito. Eles operam conforme a lei do eletromagnetismo, que indica que qualquer corrente elétrica em um condutor produz uma mudança no campo magnético ao seu redor, quando essa corrente alta passa pelo disjuntor em um intervalo de tempo muito curto, o campo magnético resultante move o mecanismo interno de contato, cortando o circuito para proteção.
- **Disjuntor Termomagnético** é um dispositivo que reúne as características do magnético e termo em um único componente, se tornando uma opção mais completa. Ele possui uma bomba interna com um pistão central, projetada para produzir um campo magnético que não afete o funcionamento do pistão, de acordo com a corrente nominal do disjuntor. Durante um curto-circuito, a corrente tem um aumento significativo, resultando no aumento do campo

magnético gerado pela bobina, esse campo induz um movimento no pistão, que por sua vez ativa o mecanismo de abertura do disjuntor, desarmando interrompendo completamente o circuito e fazendo a proteção necessária. (MATTED, 2024)

Figura 6: Disjuntor monopolar, bipolar e tripolar



Fonte: Carmehil, 2023

Figura 7: Disjuntor magnético



Fonte: WEG, 2024

Figura 8: Disjuntor termomagnético



Fonte: WEG, 2024

1.6. Disjuntor-Motor

Os disjuntores-motores são dispositivos que protegem as instalações contra curto-circuitos e sobrecargas. Eles incorporam as funções de um disjuntor comum e relé térmico em um mesmo componente, possuindo uma regulagem de corrente, sendo assim, deve-se verificar a corrente nominal indicada pelo motor e ajustar o mesmo valor de corrente no disjuntor-motor. Segundo Taques (2016), com esse ajuste permite uma melhor atuação na situação de sobrecarga. Além dessas funções tem o papel de seccionar o circuito, isto é ligar, desligar e proteger o equipamento diretamente. (SENAI, 2013).

Figura 9: Disjuntor Motor



Fonte: WEG, 2024

1.7. Botões

As botoeiras, também conhecidas como botões de comando, são dispositivos essenciais nos sistemas elétricos de controle. Elas são projetadas para enviar sinais elétricos que ativam equipamentos ou interrompem circuitos de comando. É importante ressaltar que a operação dos botões de comando deve ser realizada exclusivamente por operadores autorizados. Esses botões são instalados em painéis que protegem seus contatos e mecanismos contrachocos mecânicos, deixando apenas o acionador exposto. Temos alguns tipos de botões de comando: os de impulso e os com retenção. O botão de impulso altera a posição dos contatos no momento do acionamento, mas retorna à sua posição original logo em seguida. Já o botão com retenção mantém o contato ativado até ser acionado novamente no sentido oposto. (RAMALHO, 2023)

Figura 10: Diferentes tipos de botões



Fonte: Metaltex, 2024

1.8. Seccionadora

Segundo Drumond (2024) a chave seccionadora é um dispositivo que é empregado em sistemas elétricos para interromper o fluxo de corrente em circuitos específicos. Sua função primordial é isolar partes de um circuito elétrico, viabilizando a execução de tarefas de manutenção, reparo ou inspeção de maneira segura, sem o risco de choques elétricos ou danos aos equipamentos.

Figura 11: Chave seccionadora



Fonte: WEG, 2024

1.8. Contator

Os contactores são aparelhos eletromecânicos utilizados para acionamento magnético (tanto local quanto remoto) e possibilitando a manipulação de correntes de alta intensidade. (REVIMAQ, 2024)

Os contatores são um formato avançado de interruptor para acionamento de equipamentos industriais, desenhados para suportar uma grande quantidade de acionamentos e desligamentos com deterioração mínima, podendo inclusive ter suas peças substituídas.

Os contatores são dispositivos de manobra eletromecânicos que são acionados magneticamente e permitem trabalhar com alta intensidade de corrente.

Os contatores são um formato avançado de interruptor para acionamento de equipamentos industriais, desenhados para suportar uma grande quantidade de acionamentos e desligamentos com deterioração mínima, podendo inclusive ter suas peças substituídas.

São muito empregados no controle de motores em equipamentos industriais pesados, que ligados a outros contatores, controlam uma vasta abrangência de atividades.

Figura 12: Contatora



Fonte: WEG, 2024

1.10. Sinalizadores

Sinalização refere-se ao método visual ou auditivo para alertar o operador sobre uma situação específica em um circuito, máquina ou conjunto de máquinas. Isso é alcançado através do uso de buzinas, campainhas ou dispositivos luminosos com cores designadas por normas. A sinalização luminosa é a preferida por ser rapidamente identificável e, conforme as normas, suas cores têm os seguintes significados: vermelho indica condição anormal, amarelo indica atenção ou cuidado, verde indica que a máquina está pronta para operar, branco (incolor) indica que o circuito está sob tensão em operação normal, e azul indica todas as funções para as quais as cores acima não se aplicam. A sinalização sonora pode ser realizada através de buzinas ou campainhas. As buzinas são empregadas para marcar o início de funcionamento de uma máquina ou para ficar à disposição do operador quando seu uso for necessário. Um exemplo de aplicação das buzinas é na sinalização de pontes rolantes. (SENAI, 2005)

Figura 13: Dispositivos de Sinalização



Fonte: Aprendendo Elétrica, 2021

1.11. Bornes

São componentes que desempenham um papel importante ao proporcionar uma conexão elétrica e mecânica confiável para uma ampla variedade de condutores elétricos. Entre outros os tipos de conectores disponíveis, eles são mais preferidos por oferecerem as seguintes vantagens: permite interligar dois ou mais cabos no mesmo terminal, garantindo segurança em geral, facilita a instalação, conexão e organização dos painéis elétricos, diminui custo de manutenção, pois oferece agilidade de visualização clara e lógica para o profissional, entre outras. (WEG, 2023)

1.12. Cabine ou Painel Elétrico

Cabine ou painel Elétrico é a parte onde é instalado todos os componentes elétricos, servindo de suporte, tais como: fusíveis, disjuntores, contadores, relés térmicos, disjuntores, temporizadores, conectores, botões ou chaves de comando e sinalizadores luminosos. Por ele é recebida energia e distribuída para circuitos elétricos como: bomba de poço, motores elétricos, ar-condicionado e automatizar ambientes residenciais, comerciais e industriais. Sua infraestrutura é formada de caixa, trilhos, canaletas e acessórios. Para se instalar um painel, necessita obedecer a NBR5410, pois vai dar parâmetros para realizar com precisão todo o processo de distribuição segura e eficiente. Além disso existem vários modelos de painéis elétricos dependendo da sua aplicação. (SENAI, 2013)

Figura 14: Painel Elétrico



Fonte: Inova Energia (2024)

CAPÍTULO II

2.CADe SIMU

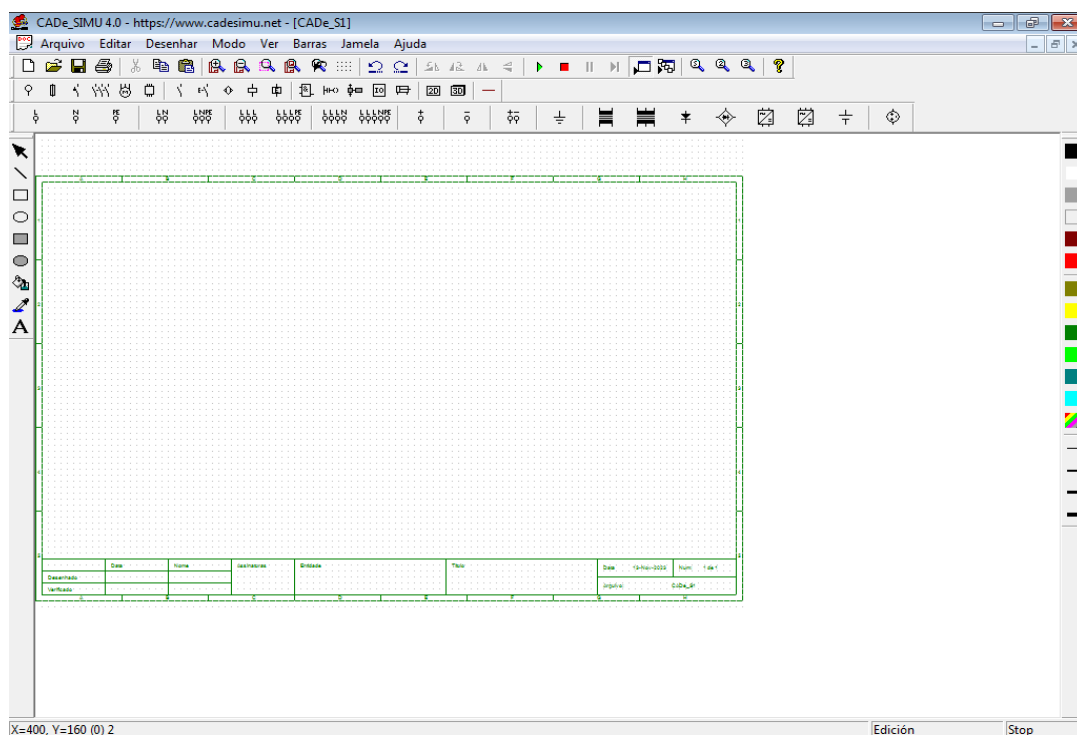
O software do CADe Simu auxiliar para simulação de projetos e esquematizar comandos, através de uma área de interação de fácil e rápido aplicação. Além de evidenciar possíveis erros de funcionamentos, o programa em modo de simulação exibe a condição de cada item elétrico quando ele é acionado.

O CADe SIMU é muito utilizado para simular diagramas e circuitos elétricos, um software para simulação de projetos, motores. Com ele é possível utilizar, criar, testar o funcionamento do equipamento. Nele encontramos uma vasta área envolvendo os componentes comuns do mercado, por exemplo contadores, fusíveis, disjuntores, entre outros. (RAMALHO, 2023)

2.1. Apresentação do CADe SIMU

Apresenta a interface inicial do CADe_SIMU:

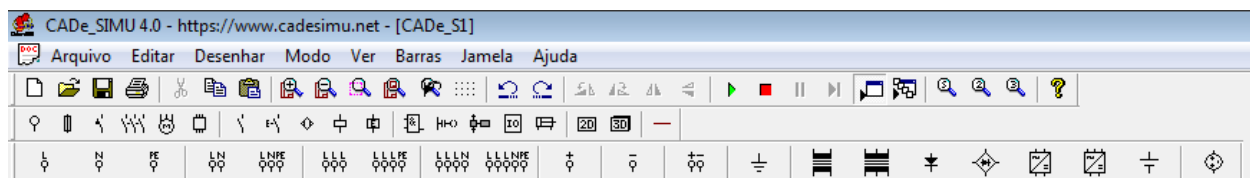
Figura 15 - Interface dos comandos do CADe_SIMU:



FONTE: Autores (2024)

2.1.1. Alimentação

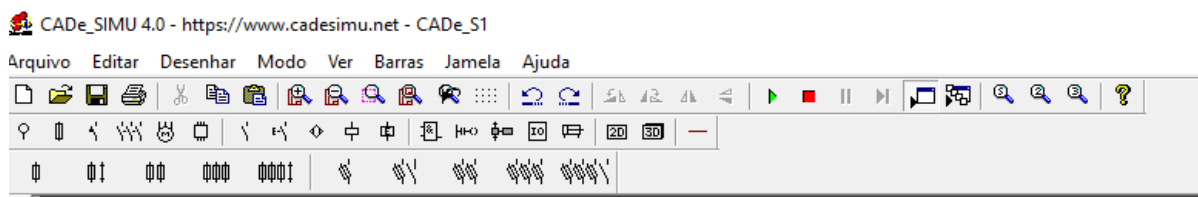
Figura 16 - Interface alimentação



FONTE: Autores (2024)

2.1.2 Fusíveis e seccionadores

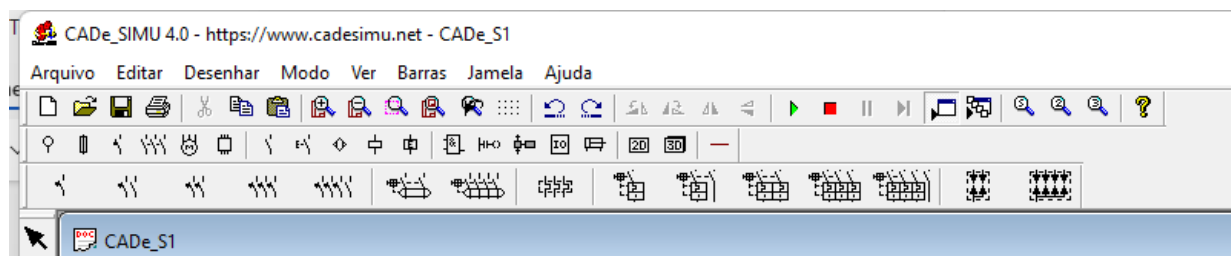
Figura 17 - Interface Fusíveis e seccionadores



FONTE: Autores (2024)

2.1.3 Automáticos e Disjuntores

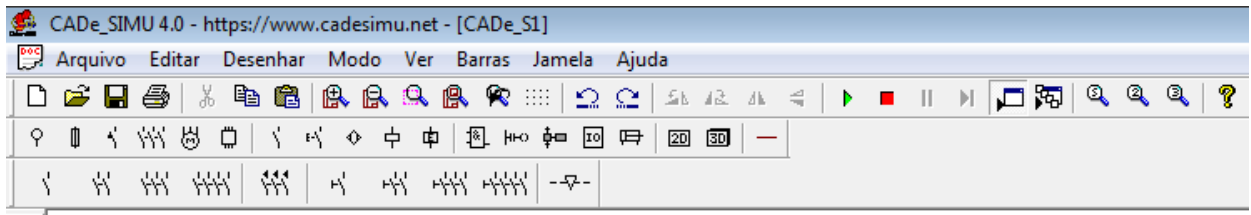
Figura 18 - Interface Automáticos e Disjuntores



FONTE: Autores (2024)

2.1.4. Contadores e comutadores

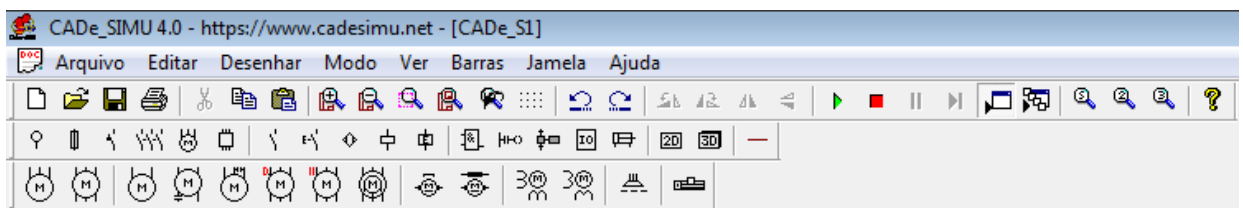
Figura 19 - Interface Contadores e comutadores



FONTE: Autores (2024)

2.1.5. Motores

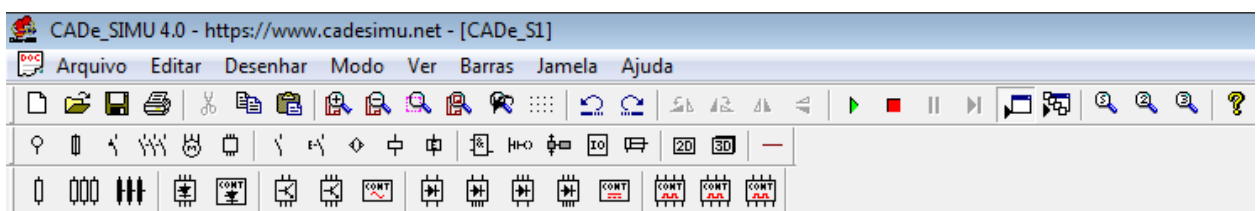
Figura 20 - Interface Motores



FONTE: Autores (2024)

2.1.6. Soft-starter e Inversores

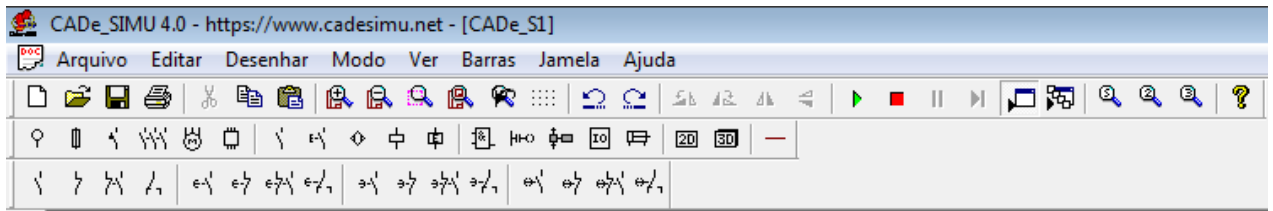
Figura 21 - Interface Soft-starter e Inversores



FONTE: Autores (2024)

2.1.7. Contatos auxiliares e contatos de timers

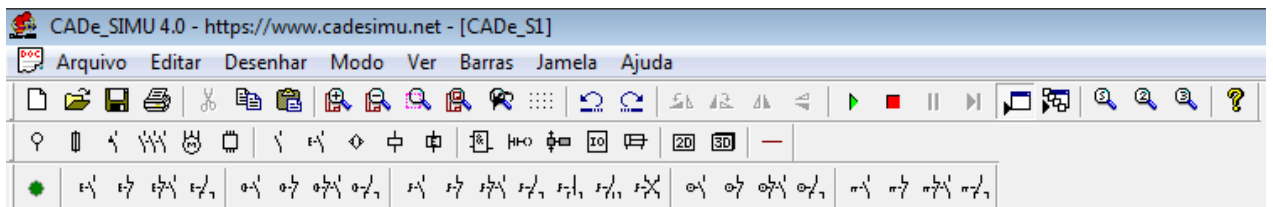
Figura 22 - Interface Contatos auxiliares e contatos de timers



FONTE: Autores (2024)

2.1.8. Botão de acionamentos

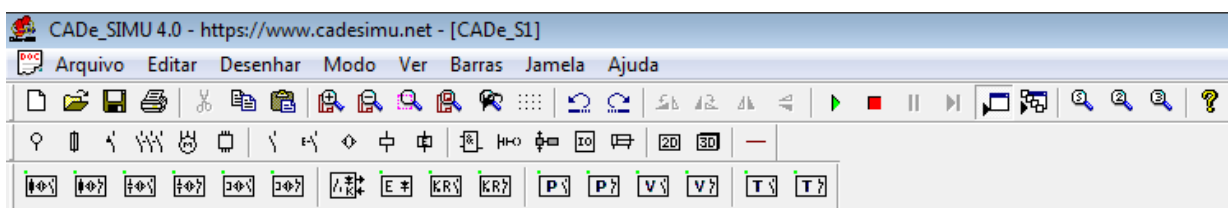
Figura 23 - Interface Botão de acionamentos



FONTE: Autores (2024)

2.1.9. Detectores

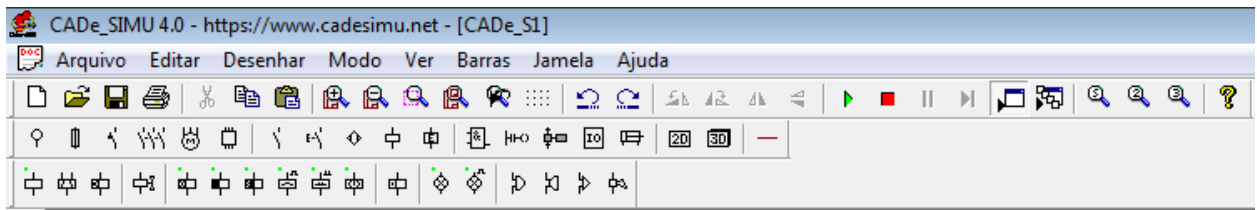
Figura 24 - Interface Detectores



FONTE: Autores (2024)

2.1.10. Bobinas e Sinais

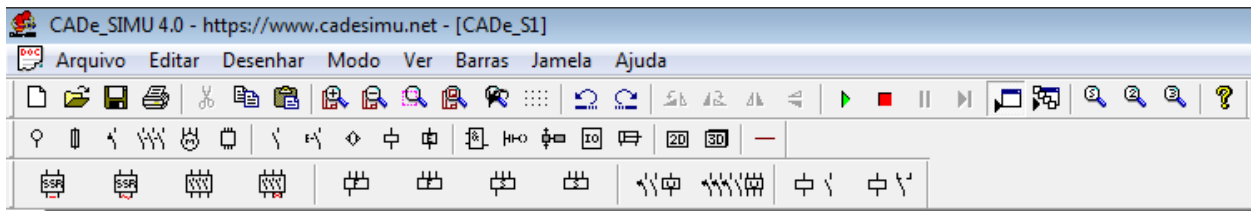
Figura 25 - Interface Detectores



FONTE: Autores (2024)

2.1.11. Relés Eletrônicos

Figura 26 - Interface Relés Eletrônicos



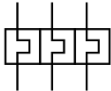

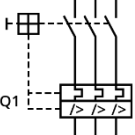
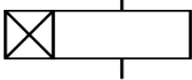
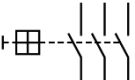

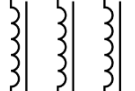
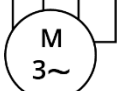


FONTE: Autores (2024)

2.2. Apresentação Simbologia Gráfica do Cade-Simu

Tabela 1 – Simbologia Gráfica do Cade Simu

SÍMBOLO	DESCRIÇÃO	SÍMBOLO	DESCRIÇÃO
	Botoeira NA		Botoeira NF
	Botoeira NA com retorno por mola		Botoeira NF com retorno por mola
	Contatos tripolares NA, ex:contator de potência		Fusível

	Acionamento eletromagnético, ex: bobina do contator		Contato normalmente aberto (NA)
	Relé térmico		Contato normalmente fechado (NF)
	Disjuntor com elementos térmicos e magnéticos, proteção contra correntes de curto e sobrecarga		Acionamento temporizado na ligação
	Disjuntor com elemento magnético, proteção contra corrente de curto-circuito		Lâmpada/Sinalização
	Transformador trifásico		Motor Trifásico

FONTE: Metropoli Digital (2024)

2.3 - Simbologia Gráfica

Quadro 2 - Símbolos literais segundo NBR 5280

Símbolo	Componente	Exemplos
F	Dispositivos de proteção	Fusíveis, pára-raios, disparadores, relés
H	Dispositivos de sinalização	Indicadores acústicos e ópticos
K	Conatores	Contatores de potência e auxiliares
M	Motores	
Q	Dispositivos de manobra para circuitos de potência	Disjuntores, seccionadores, interruptores
S	Dispositivos de manobra, seletos auxiliares	Dispositivos e botões de comando e de posição (fin de curso) e seletos

T	Transformadores	Transformadores de distribuição, de potência, e potencial, de corrente, autotransformadores

FONTE: Metropoli Digital (2024)

CAPÍTULO III

3. Partida de Motores Elétricos Trifásicos

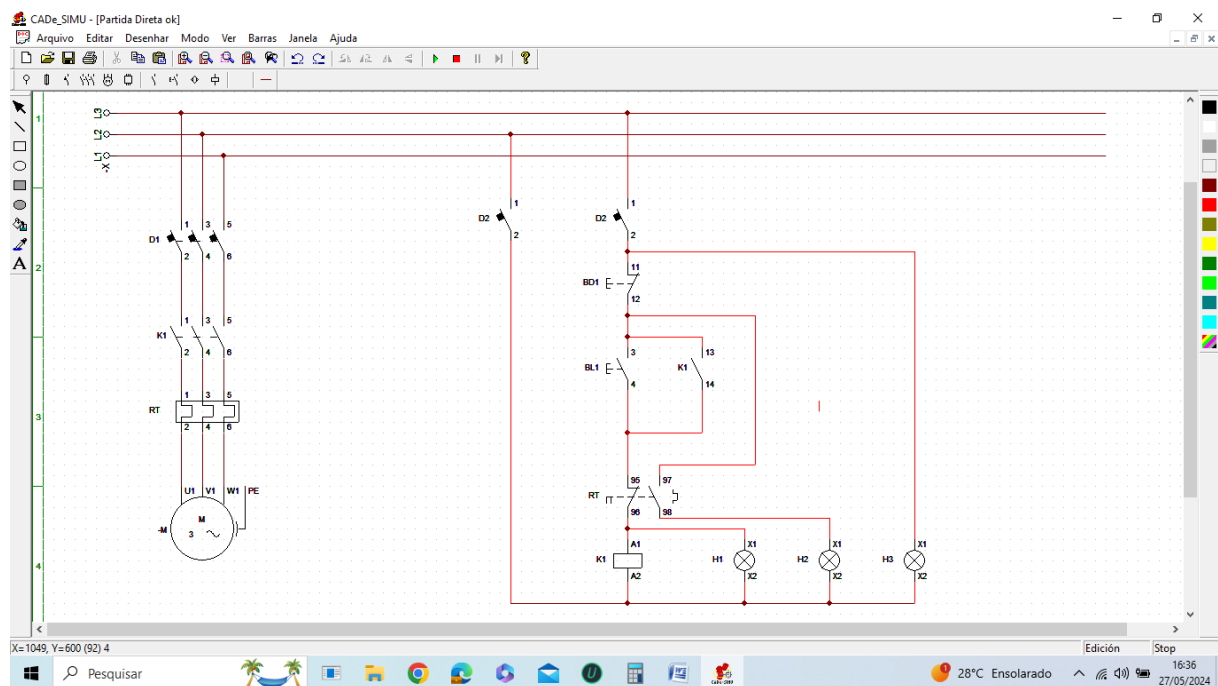
É necessário ter conhecimento sobre o procedimento dos motores elétricos, para o desenvolvimento das partidas dos motores elétricos. Eles são capazes de converter a energia elétrica transformando em energia mecânica. Para seleção de motores, basta estar atento e usar cálculos, quando for necessário a aplicação para eles, pode se considerar também a tensão de alimentação, o ambiente em que ele vai estar empregado, a categoria de eficiência, potência, a velocidade entre outras características.

Nos modelos de partidas de motores elétricos trifásicos, temos a partida direta, que recebe alimentação direta da fonte geradora trifásica, entretanto sofre interferência apenas dos dispositivos seccionadores (contatores, disjuntores, relé térmico). (FRANCHI, 2008)

3.1. Partida direta

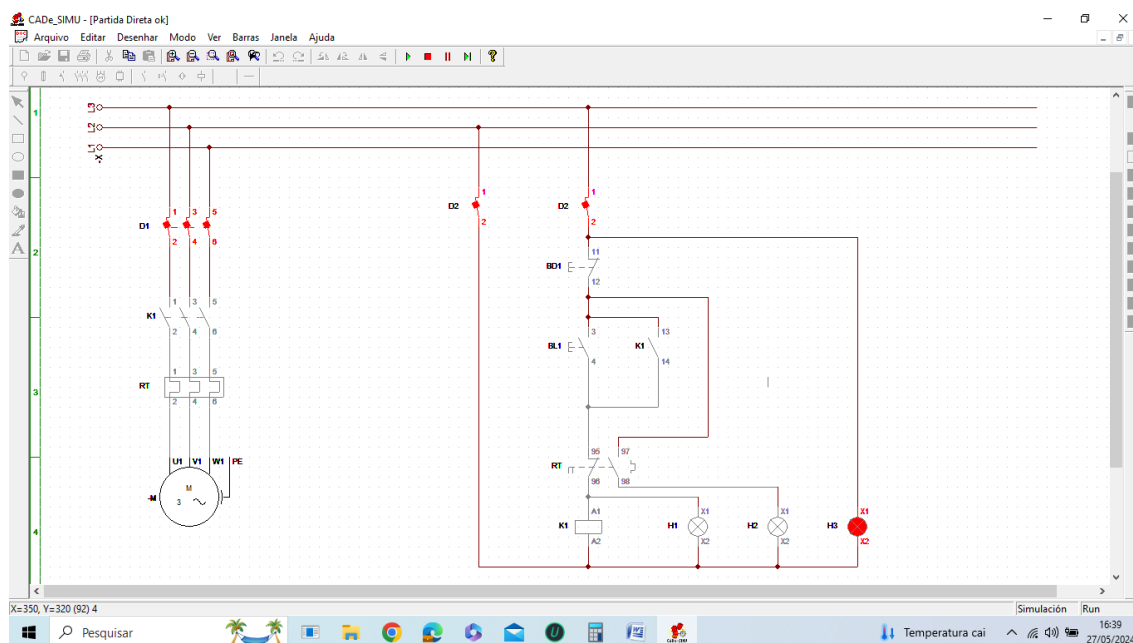
Na partida direta, a tensão nominal é aplicada no estator de forma direta nos rolamentos, além de ser uma manutenção fácil de ser feita, tem seu custo-benefício muito bom em relação aos resultados que serão obtidos. É indicado para motores entre 7,5/ a 10 cv de potência, por conta do seu toque de partida, que pode atingir um pico muito alto em sua rede. Este sistema é recomendado para máquinas e equipamentos que partem sob carga. Isso ocorre porque o motor produz o torque nominal neste caso. Porém, as correntes de partida são elevadas e podem atingir valores de até 10 vezes a corrente nominal. (MORAES, 2014)

Figura 27 – Diagrama Partida Direta



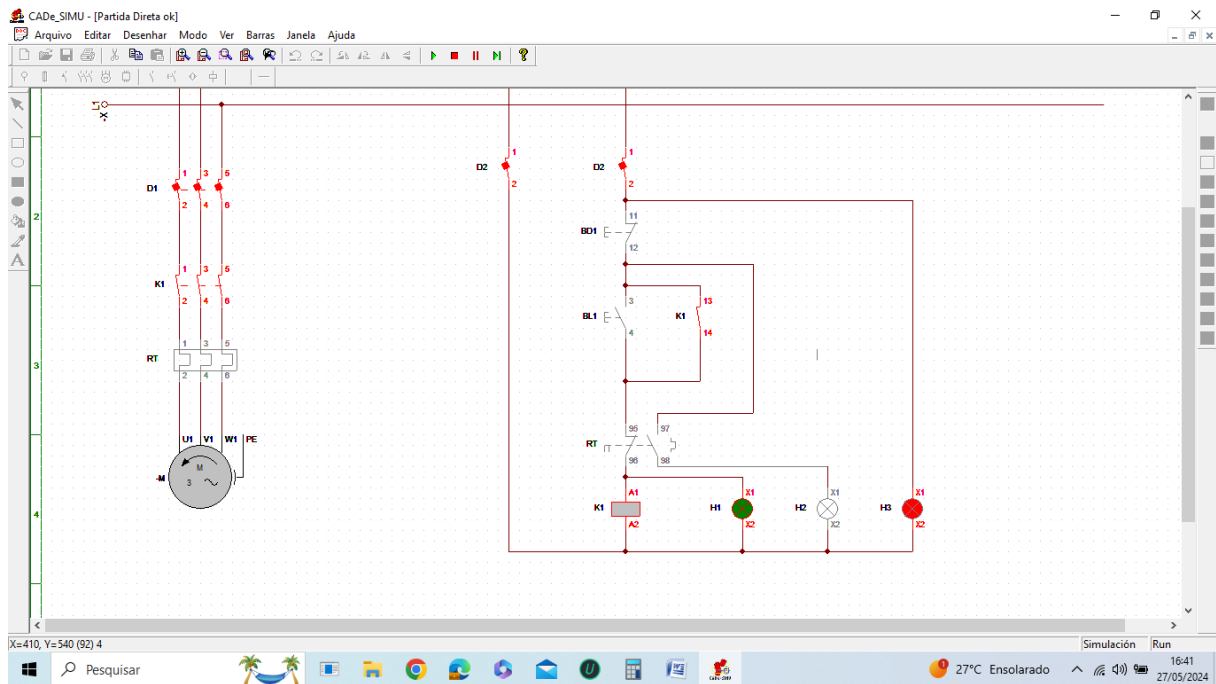
FONTE: Autores (2024)

Figura 28 – Diagrama Partida Direta após o acionamento dos disjuntores



FONTE: Autores (2024)

Figura 29 – Diagrama partida direta após o motor estar em funcionamento

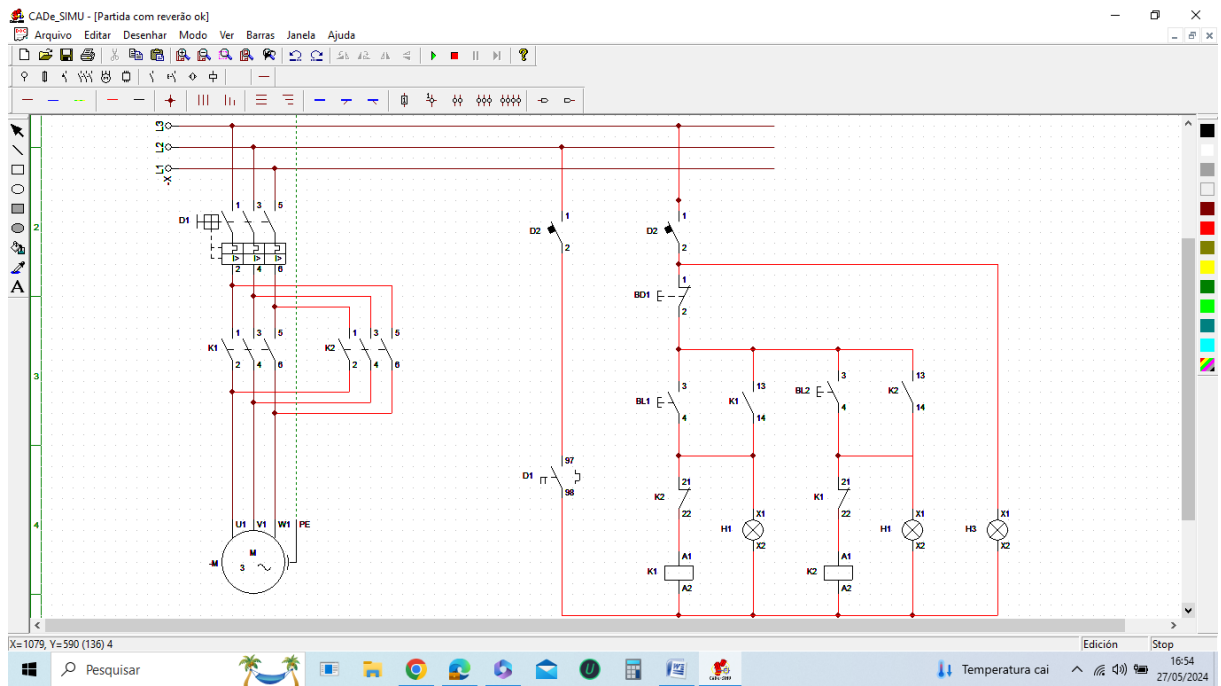


FONTE: Autores (2024)

3.2. Partida direta com reversão

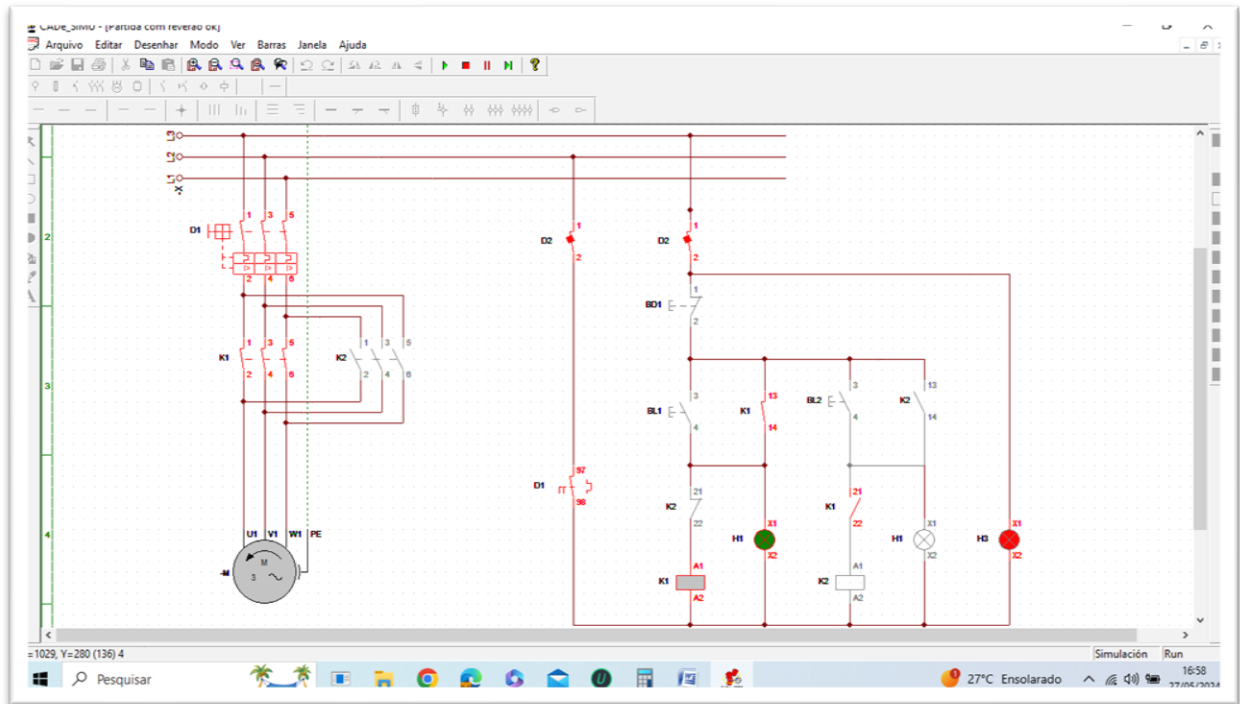
A técnica de partida direta com reversão é utilizada em máquinas elétricas para otimizar sua performance. Recomenda-se, porém, empregar esse método somente em motores de até 7,5/10CV. São numerosas as vantagens de partida com reversão em motores, como: Controle e operação facilitados do motor, utilização de componentes de acionamento econômicos, partida sob carga, desde que respeitado o torque e fator serviço, funcionamento simples e mínima necessidade de manutenção, alto torque na extremidade do eixo, resultando em máxima potência, habilidade de reverter rapidamente a rotação do motor quando necessário, de maneira segura.

Figura 30 – Diagrama partida direta com reversão



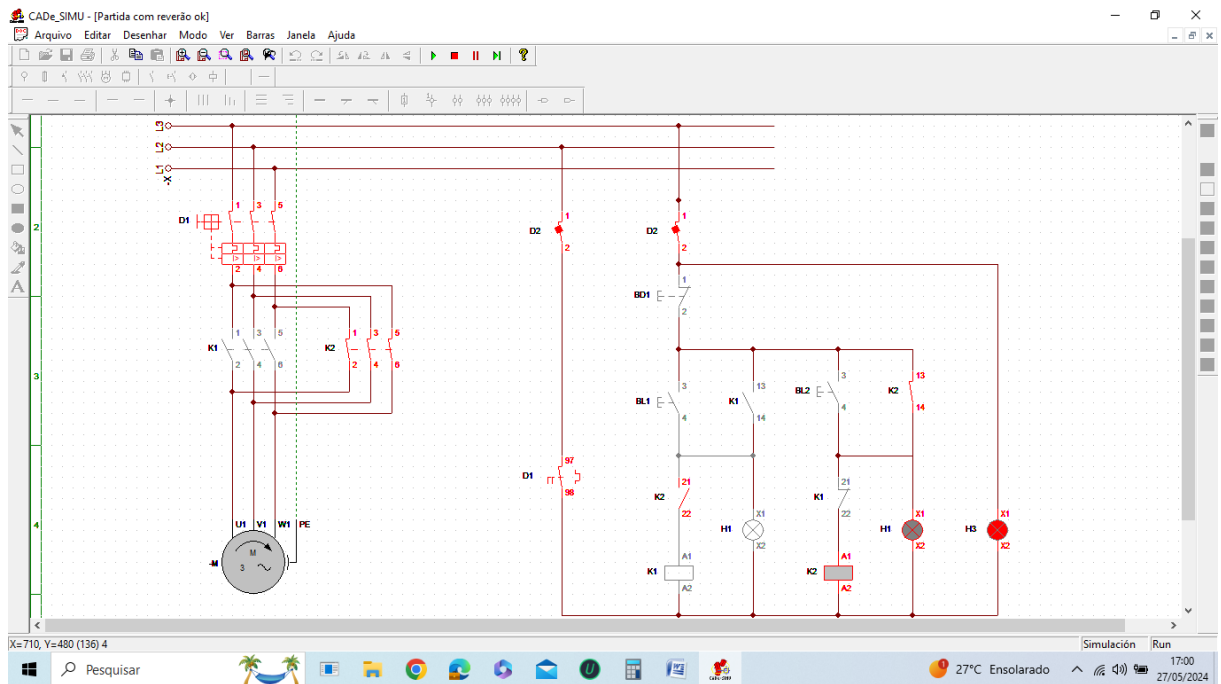
FONTE: Autores (2024)

Figura 31 – Diagrama partida direta com reversão o motor no sentido horário



FONTE: Autores (2024)

Figura 32 – Diagrama partida direta com reversão motor no sentido anti-horário



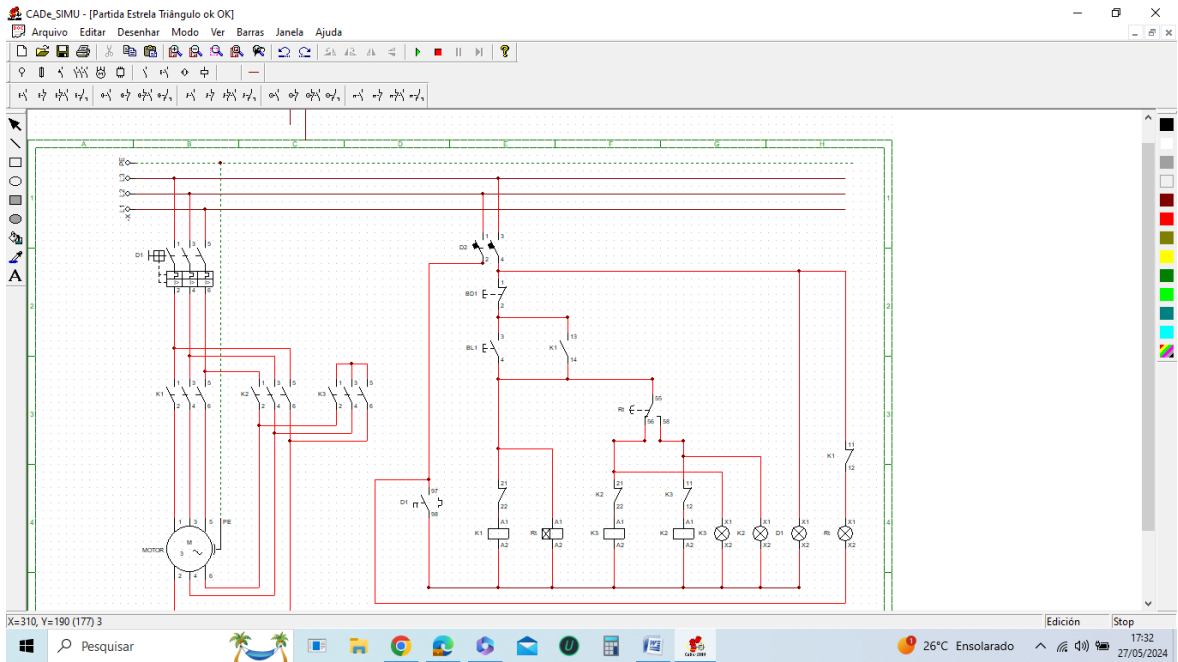
FONTE: Autores (2024)

3.3. Partida estrela triângulo

Segundo Moraes (2014) principal vantagem da utilização deste sistema de partida é que o circuito utilizado neste caso permite reduzir a corrente de partida de um motor elétrico trifásico, reduzindo a tensão de fase (a tensão em cada bobina que compõe o motor). Para conseguir isso, temos pelo menos um motor de seis terminais e manipulamos o fechamento da bobina para reduzir a tensão de fase. Como resultado, a corrente de partida do motor trifásico é reduzida. Este sistema de partida é utilizado apenas para dar partida no motor, e após um período definido por um temporizador, o sistema fecha em formato de triângulo, permitindo que o motor funcione normalmente. É essencial na implementação do sistema estrela-triângulo que o motor possua a capacidade de operar em duas diferentes tensões, sendo a maior igual à menor multiplicada pela raiz de 3, como por exemplo, 220/380V, 380/660V, 440/760V

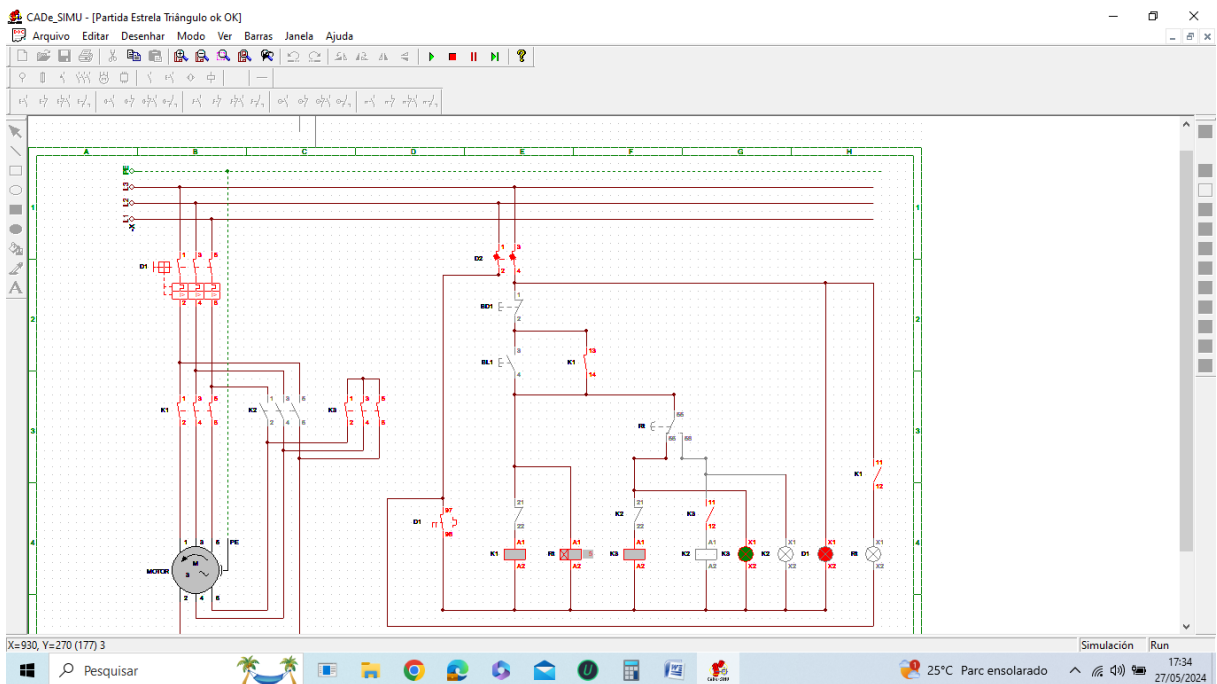
As conexões para os diferentes níveis de tensão são estabelecidas através dos terminais presentes na caixa de conexão, seguindo o diagrama fornecido juntamente com o motor. Esse diagrama pode estar gravado na placa de identificação ou localizado dentro da caixa de conexão. O método de acionamento estrela triângulo é a opção mais econômica para controlar a corrente de partida. Enquanto o soft-starter, que inicia o motor gradualmente, possui um custo elevado, ele também oferece a vantagem de monitorar diferentes parâmetros do motor como frequência e o torque. (MORAES, 2014)

Figura 33 – Diagrama partida estrela-triângulo



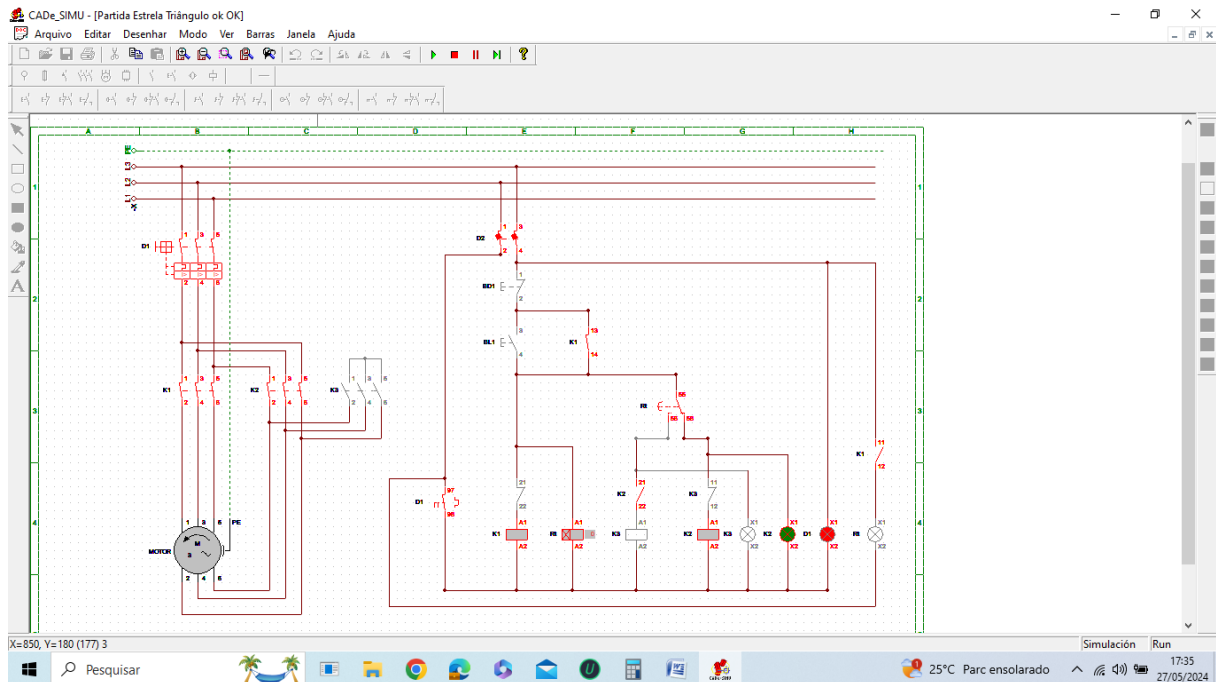
FONTE: Autores (2024)

Figura 34 – Diagrama partida estrela-triângulo após acionamento das contadoras K1 e K3, o motor é acionado em estrela



FONTE: Autores (2024)

Figura 35 – Diagrama partida estrela-triângulo após 6 segundos desliga K3 e acionado contatora K2, o motor trabalha no fechamento triângulo



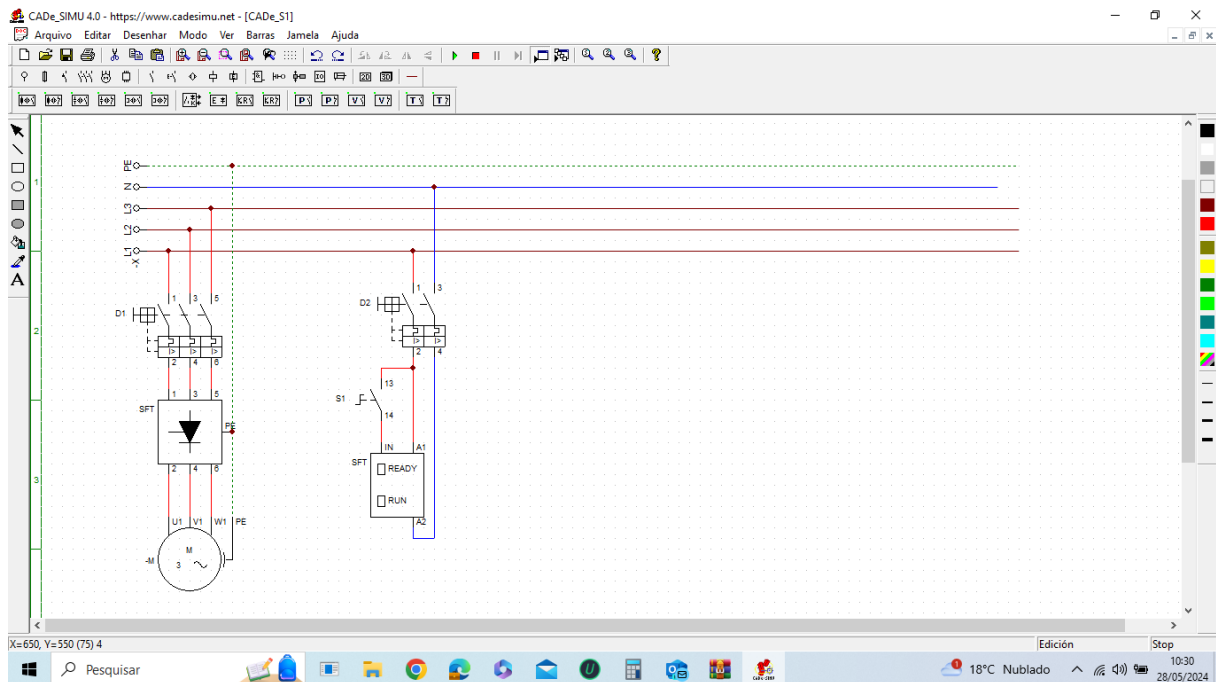
FONTE: Autores (2024)

3.4. Partida Soft Starter

Um soft starter, é um dispositivo que acelera e desacelera um motor para limitar a corrente e o torque de partida, controla a tensão fornecida ao motor e o protege durante a operação. Nominalmente. Um soft starter basicamente dá partida no motor com uma tensão inferior à tensão nominal e aumenta gradualmente essa tensão ao longo de um período até que a tensão nominal seja aplicada ao motor ao final desse período. São empregados para partidas de motores de indução em CA (corrente alternada) tipo gaiola, em substituição dos métodos estrela-triângulo, chave compensadora ou partida direta. A utilidade é de não causar solavancos no sistema, delimitar a corrente de partida, de evadir picos de corrente e além de abranger uma parada suave e proteções. Essas chaves auxiliam na diminuição de carga sobre conexões e mecanismos de transmissão durante o início das operações,

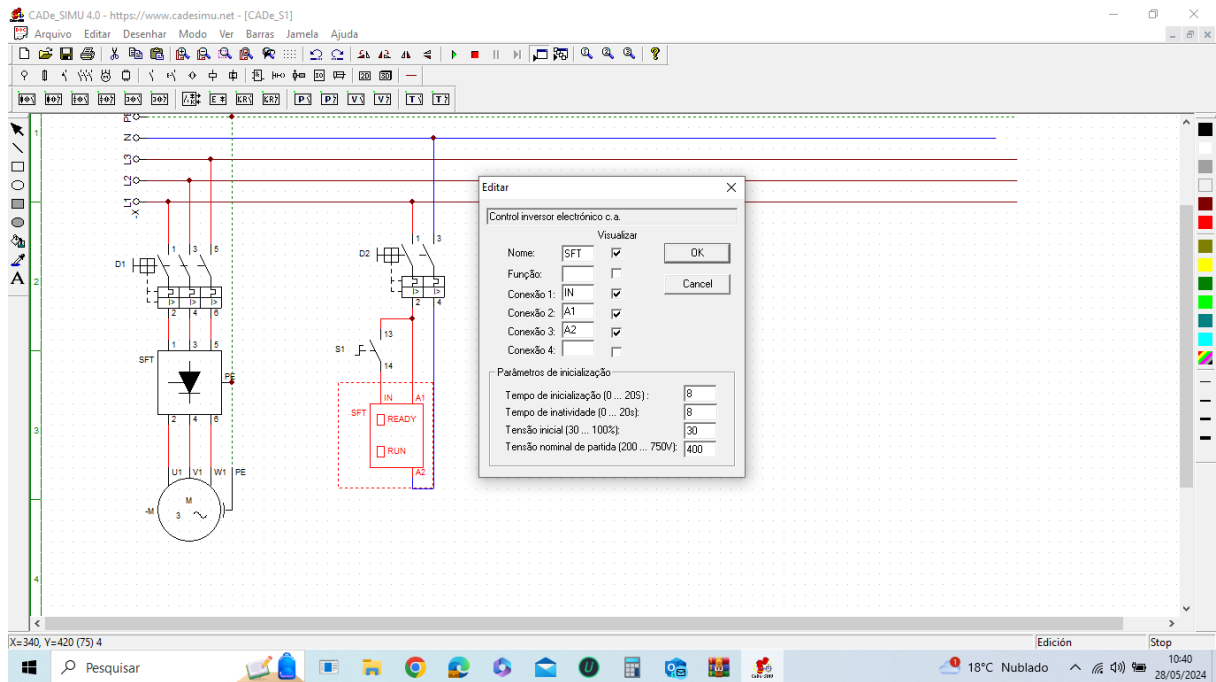
aumentando assim a durabilidade do motor e componentes mecânicos da máquina acionada, ao eliminar impactos mecânicos. Além disso, promovem a economia de energia, sendo amplamente empregadas em sistemas de refrigeração e bombeamento (MATTEDE, 2018-2024).

Figura 36 – Diagrama Soft Starter



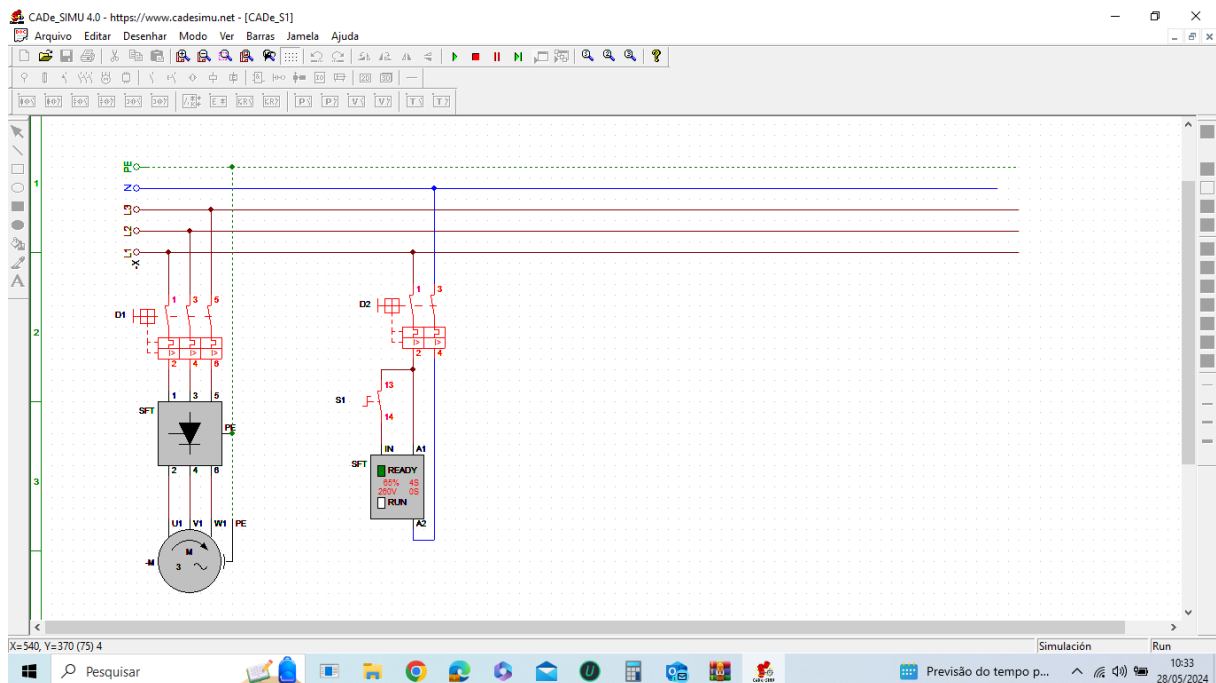
FONTE: Autores (2024)

Figura 37 – Diagrama da interface da parametrização do Soft Starter



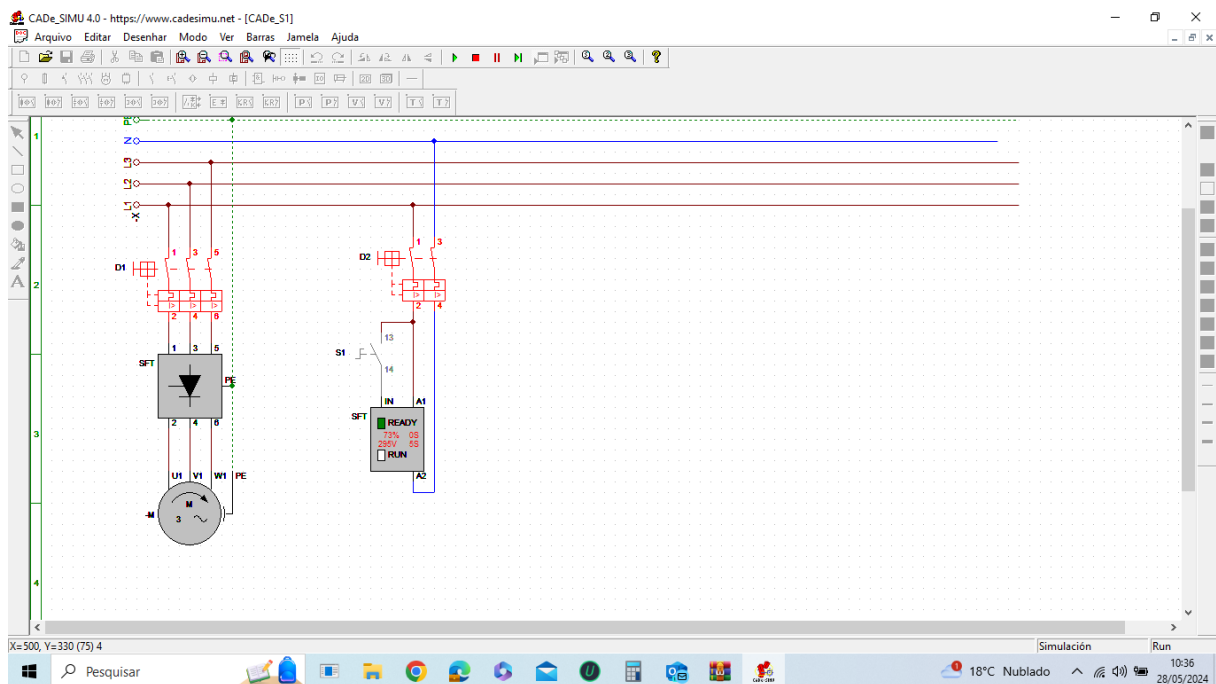
FONTE: Autores (2024)

Figura 38 – Diagrama atuação do Soft Starter após acionamento do motor



FONTE: Autores (2024)

Figura 39 – Diagrama da interface Soft Starter após desligamento do motor



FONTE: Autores (2024)

3.5. Inversor de Frequência

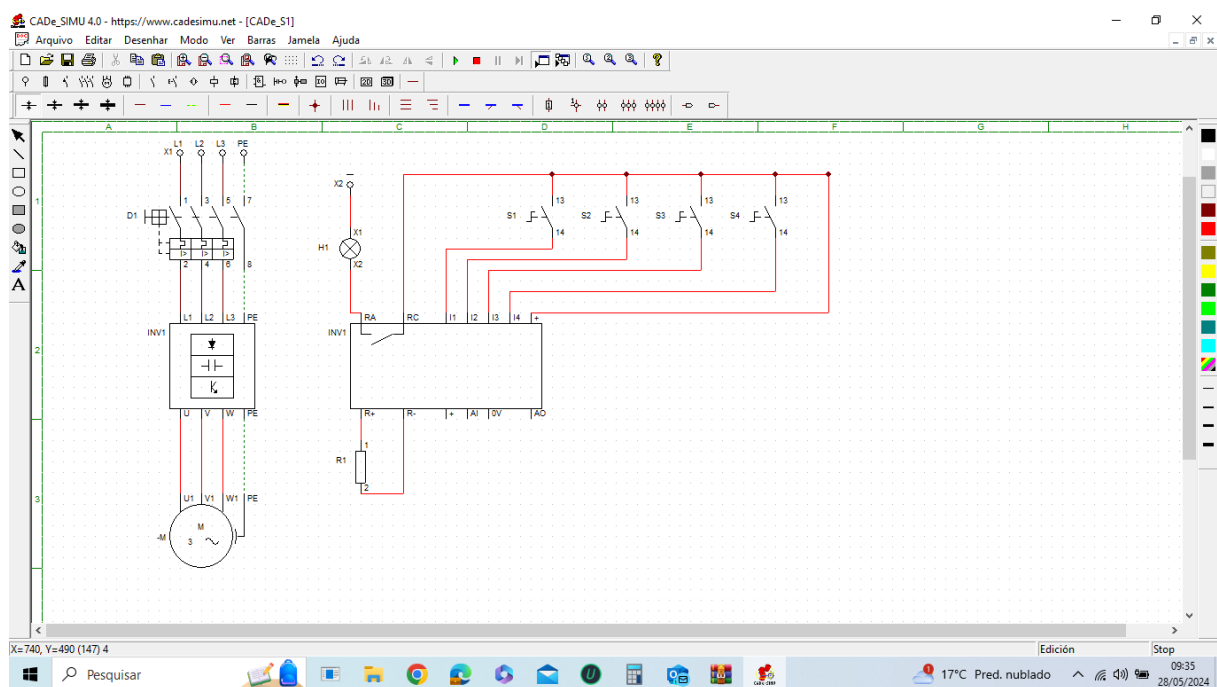
Simplificando, segundo Franchi (2008) um conversor de frequência converte um sinal de corrente alternada (CA) em um sinal de corrente contínua (CC) e depois o converte em um sinal de pulso, PWM. Quando isso acontece, a frequência muda, o que altera a velocidade de rotação e o torque do motor. Existem vários tipos de inversores que executam diferentes funções; o Cheetah-E utiliza o modelo de inverso CVW300, que converte corrente contínua (DC) diretamente em sinais pulsados.

É interessante analisar a função de cada parte do inversor para um melhor entendimento. Ponte Retificadora: após receber a corrente, o sinal é retificado. A ponte possui diodos que fazem isso. Isso lhe dará uma saída contínua com ondulações.

Filtro: se houver ondulação, o sinal passa por um filtro DC composto por um capacitor. Um filtro remove tantos pulsos quanto possível de um sinal, tornando o sinal o mais contínuo possível. Isso ocorre porque o capacitor reduz o efeito cascata.

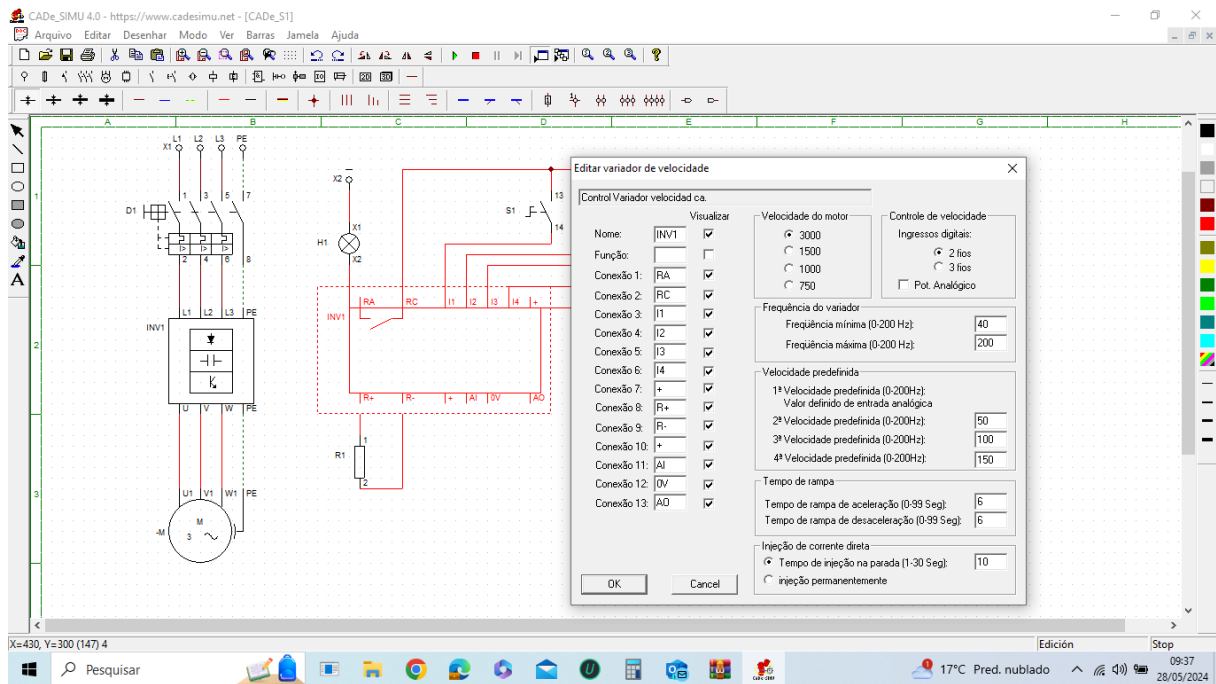
Conversor de ponte: um grupo de transistores IGBT que possuem uma função de comutação, mas podem ser ligados ou desligados na ordem correta para converter um sinal contínuo em uma saída quase senoidal. Esta etapa é provavelmente mais interessante para compreender os benefícios de um conversor, pois o transistor é controlado eletronicamente para que a frequência produzida na saída possa ser convertida em relação à frequência de entrada. Então você pode alterar a velocidade do motor. (FRANCHI, 2008).

Figura 40 – Diagrama do Inversor de Frequência



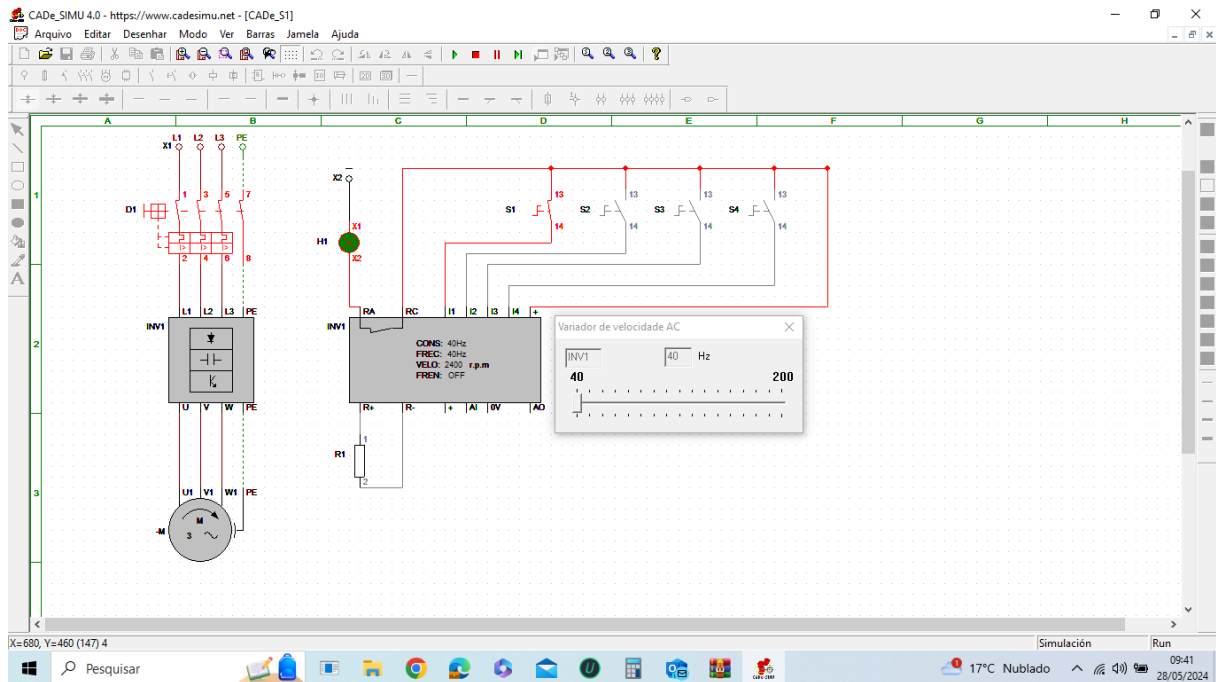
FONTE: Autores (2024)

Figura 41 - Representação da interface de alguns parâmetros



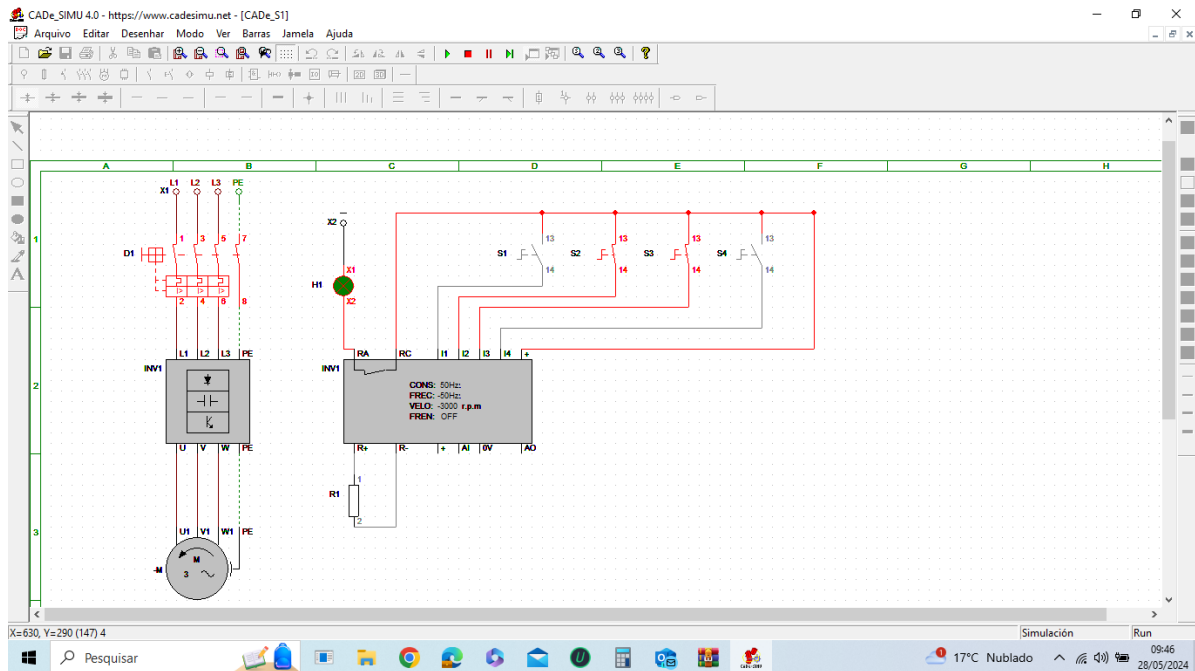
FONTE: Autores (2024)

Figura 42 - Representação da interface após ligado o motor no sentido anti-horário usando variador de frequência



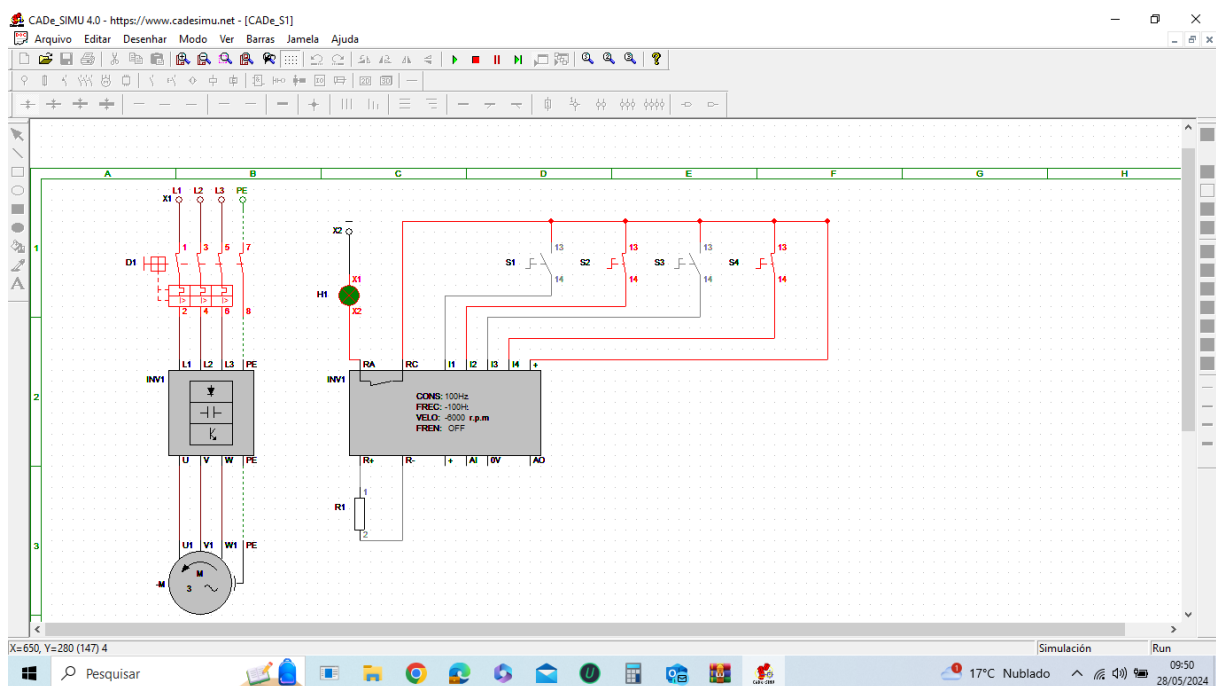
FONTE: Autores (2024)

Figura 43 - Representação da interface após ligado S3 o motor no sentido horário usando a frequência de 50 hz já estabelecida pelos parâmetros



FONTE: Autores (2024)

Figura 44 - Representação da interface após ligado S4 o motor no sentido horário usando a frequência de 100 hz já estabelecida pelos parâmetros



FONTE: Autores (2024)

CONCLUSÃO

A realização deste Trabalho de Conclusão de Curso permitiu aprofundar o conhecimento sobre comandos elétricos e a aplicação do software CADe SIMU, demonstrando sua importância tanto na formação acadêmica quanto na prática profissional. O estudo abordou de forma detalhada os componentes fundamentais dos comandos elétricos, como fusíveis, relés, disjuntores e contatores, além de explorar métodos eficientes de partida de motores trifásicos, incluindo partidas direta, com reversão, estrela-triângulo, soft-starter e inversor de frequência.

O uso do CADe SIMU se mostrou uma ferramenta essencial na simulação e criação de projetos eletrotécnicos, proporcionando uma visualização clara e precisa dos circuitos, facilitando a identificação e correção de erros antes da implementação física. A aplicação prática do software não apenas contribuiu para a compreensão teórica dos comandos elétricos, mas também para o desenvolvimento de habilidades técnicas indispensáveis para a atuação no campo da eletrotécnica.

O estudo evidenciou a relevância dos comandos elétricos na automação industrial, destacando como esses sistemas são cruciais para aumentar a eficiência, segurança e produtividade nos ambientes industriais. A capacidade de simular diferentes cenários e testar soluções alternativas no CADe SIMU reforça a importância de ferramentas digitais no processo de aprendizagem e na elaboração de projetos complexos.

A pesquisa alcançou seus objetivos ao demonstrar a eficácia do CADe SIMU na formação de técnicos em eletrotécnica, preparando-os para enfrentar os desafios do mercado de trabalho com competência e segurança. Para futuros estudos, recomenda-se a continuação da exploração de softwares de simulação e a

integração de novas tecnologias que possam complementar e aprimorar o aprendizado dos comandos elétricos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BABOS, Flavio. **CADe Simu**. Disponível em: <https://flaviobabos.com.br/wp-content/uploads/2021/02/Manual-de-Ajuda-CADe-SIMU.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2024.

CEARÁ. Escola Estadual de Educação Profissional – EEEP. **Máquinas e Comandos Elétricos**. Cap. 11, p.66, Disponível em: https://www.seduc.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/37/2012/08/automacao_industrial_maquinas_e_comandos_eltricos.pdf Acesso em: 22 mar. 2024.

COMANDOS ELÉTRICOS: SIMBOLOGIA, ASSOCIAÇÃO DE CONTATOS E CONCEITOS BÁSICOS. Rio Grande do Norte: Ifrn - Campus Mossoró, Disponível em: <https://docente.ifrn.edu.br/heliopinheiro/Disciplinas/maquinas-e-acionamentos-eletricos-ii/conceitos-de-comandos-eletricos>. Acesso em: 28 mar. 2024.

DRUMOND, Bruno. **Chave seccionadora**: para que serve e co escolher o tipo certo. Disponível em: <http://www.adequada.eng.br>, Acesso em 11 jun. 2024.

DRUMOND, Bruno. Painel elétrico: o que é, seu objetivo, tipos de função e montagens. Disponível em: em <http://www.adequada.eng.br>, Acesso em 15 jun. 2024.

ELÉTRICA, Aprendendo. **Sinaleiros de comando principais cores**. Disponível em: <https://aprendendoeletrica.com/privacidade/>. Acesso em: 24 abr. 2024.

ELÉTRICA, Blog Sala da. **Relé térmico e suas classes, simbologia e vantagens.** Disponível em: <https://www.saladaeletrica.com.br/rele-termico/>. Acesso em: 28 mar. 2024.

Equipe editorial de Conceito.de. (13 de dezembro de 2019). *Comutador – O que é, conceito e definição.* *Conceito.de*. Disponível em: <https://conceito.de/comutador>. Acesso em 12 abr. 2024.

FRANCHI, Claiton Moro. **ACIONAMENTOS ELÉTRICOS.** 5. ed. São Paulo: Érica Ltda, 2008.

MATTEDE, Henrique. **Botões, tipos e aplicações!** Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br/botoes-tipos-e-aplicacoes/>. Acesso em: 8 abr. 2024.

PERMAK, Blog. **Fusível: o que é, tipos, funções e suas características.** Disponível em: <https://www.permak.com.br/fusivel-o-que-e-tipos-funcoes-e-suas-caracteristicas/>. Acesso em: 22 mar. 2024.

RAMALHO, Robson. **Comandos Elétricos.** Disponível em: <http://www.buzzero.com> Acesso em: 11 jun. 2024.

REVIMAQ. **Contatores industriais: O que são, como funcionam, características e vantagens.** Disponível em: <https://revimaq.com/blog/contatores-industriais-o-que-sao-como-funcionam-caracteristicas-e-vantagens.html>. Acesso em: 15 abr. 2024.

ROSSOT, Blog **Fusível: como funciona e seus modelos.** Disponível em: <https://rossot.com.br/fusivel-como-funciona-e-seus-modelos/>. Acesso em: 22 mar. 2024.

SENAI-SP. **Eletricista de manutenção III – Comandos eletroeletrônicos.** Por Regina Célia Roland Novaes. São Paulo, 1994.

TAQUES, M. M. **Comandos Elétricos Industriais**. Santa Catarina: Instituto Federal, 2016.

WEG. **Bornes – Linha BTW**. Disponível em: <http://www.weg.net> Acesso em: 12 junho 2024.