

ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL PROF. ARMANDO JOSÉ FARINAZZO  
CENTRO PAULA SOUZA

André de Azevedo Buchino  
Douglas Garcia de Oliveira  
Enio Mingoranssi Caparroz Pizolato  
José Augusto Ernandes  
Luiz Antônio de Freitas

BANCADA DIDÁTICA  
PARTIDA DIRETA EM MOTORES TRIFÁSICOS

Fernandópolis  
2023

André de Azevedo Buchino  
Douglas Garcia de Oliveira  
Enio Mingoranssi Caparroz Pizolato  
José Augusto Ernandes  
Luiz Antônio de Freitas

BANCADA DIDÁTICA  
PARTIDA DIRETA EM MOTORES TRIFÁSICOS

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

Fernandópolis  
2023

André de Azevedo Buchino  
Douglas Garcia de Oliveira  
Enio Mingoranssi Caparroz Pizolato  
José Augusto Ernandes  
Luiz Antônio de Freitas

BANCADA DIDÁTICA  
PARTIDA DIRETA EM MOTORES TRIFÁSICOS

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

Examinadores:

---

Professor examinador

---

Professor examinador

---

Professor examinador

Fernandópolis  
2023

## DEDICATÓRIA

Dedicamos este artigo aos nossos familiares, amigos e professores, que não mediram esforços para que chegássemos até aqui.

## 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 de Assis, pelas correções e ensinamentos que foram fundamentais para a elaboração desse trabalho.

Por fim, nossa gratidão a esta instituição de ensino com a oportunidade de desenvolver este trabalho.

## EPÍGRAFE

“Se você quiser encontrar os segredos do universo, pense em termos de energia, frequência e vibração.” (Nikola Tesla)

# BANCADA DIDÁTICA

## PARTIDA DIRETA EM MOTORES TRIFÁSICOS

André de Azevedo Buchino  
Douglas Garcia de Oliveira  
Enio Mingoranssi Caparroz Pizolato  
José Augusto Ernandes  
Luiz Antônio de Freitas

**RESUMO:** Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) aborda o desenvolvimento e a implementação de uma bancada didática com ênfase em partida direta para motores trifásicos. O objetivo é proporcionar uma compreensão dos princípios teóricos e práticos envolvidos na partida direta desses motores. A bancada, projetada para treinamentos, inclui componentes para simulação e análise de sistemas de partida direta, destacando os aspectos elétricos e mecânicos. O estudo explora os conceitos associados à partida direta e a seleção correta de dispositivos de proteção, visando a segurança tanto do motor quanto do sistema elétrico. A abordagem prática da bancada permite a realização de experimentos que ilustram conceitos fundamentais, capacitando os estudantes a compreenderem e aplicarem os princípios de partida direta em motores trifásicos. O trabalho contribui significativamente para o ensino e aprendizado efetivo desses conceitos em curso técnico em eletrotécnica.

**Palavras-chaves:** Partida direta. Motores trifásicos. Bancada didática. Dispositivos de proteção. Simulação. Comandos elétricos.

**ABSTRACT:** This Undergraduate Thesis addresses the development and implementation of an instructional bench with an emphasis on direct starting for three-phase motors. The goal is to provide an understanding of the theoretical and practical principles involved in the direct starting of these motors. The bench, designed for training purposes, includes components for simulating and analyzing direct starting systems, highlighting both electrical and mechanical aspects. The study explores the concepts associated with direct starting and the correct selection of protective devices, aiming at the safety of both the motor and the electrical system. The practical approach of the bench allows for the execution of experiments that illustrate fundamental concepts, enabling students to comprehend and apply the principles of direct starting in three-phase motors. The work significantly contributes to the effective teaching and learning of these concepts in an electrical engineering technical course.

**Keywords:** Direct starting. Three-phase motors. Didactic bench. Protective devices. Simulation. Electrical commands.

## 1. INTRODUÇÃO

“Partida direta é o método de acionamento de motores de corrente alternada, no qual o motor é conectado diretamente a rede elétrica. Ou seja, ela se dá quando aplicamos a tensão nominal sobre os enrolamentos do estator do motor, de maneira direta.” (SEGUNDO; RODRIGUES.2015)

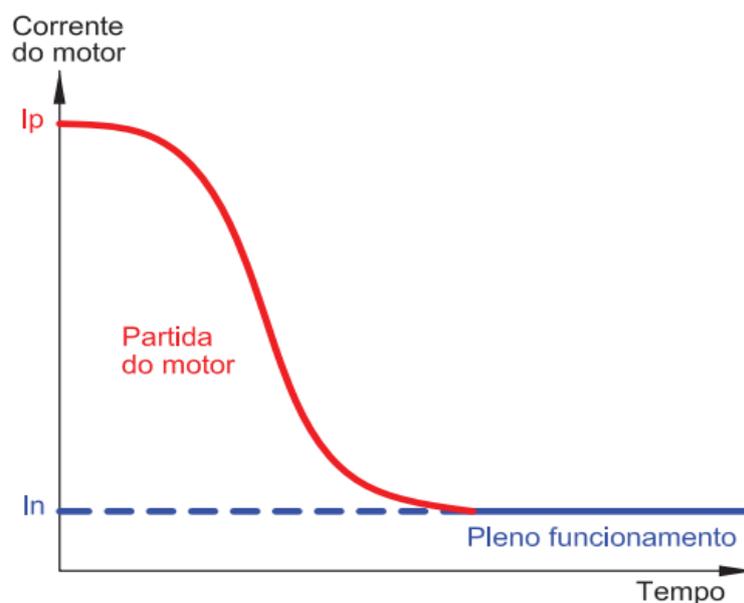
Na partida direta, as três fases do motor são conectadas diretamente às três fases da rede elétrica através de um contato principal. Quando o motor é ligado, a corrente de partida é alta e pode causar um pico de corrente no sistema elétrico, por isso é necessário que o sistema elétrico esteja devidamente dimensionado para suportar essa corrente de partida.

Ao iniciar a partida direta, o motor trifásico é alimentado pela tensão nominal e a corrente de partida é determinada pela resistência interna do motor e pelas características da rede. Devido à alta corrente de partida, fará com que a tensão da rede caia, afetando outros equipamentos conectados ao mesmo sistema.

Apesar de ser um método simples e econômico, a partida direta apresenta algumas desvantagens. Altas correntes de partida podem estressar mecanicamente o motor e, dependendo da aplicação, podem exigir o uso de dispositivos de proteção adicionais, como disjuntores e relés térmicos, para evitar danos ao motor. Além disso, a partida direta não fornece controle de velocidade e pode sobrecarregar o sistema elétrico durante a partida.

O nosso objetivo a partir da bancada didática partida direta em motores trifásicos é proporcionar uma forma simples e direta de ligar o motor à rede elétrica, permitindo que ele inicie seu funcionamento, mostrando simulações, alguns possíveis defeitos e, como esse método de partida é utilizado principalmente em motores de pequena potência, onde o impacto da corrente de partida elevada é aceitável e não causa problemas significativos no sistema elétrico.

Figura 1. Gráfico do pico de corrente em uma partida direta



Fonte: (SENAI. Comandos elétricos. Série eletroeletrônica, 2013. p 195).

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1. TIPOS DE PARTIDAS EM MOTORES ELÉTRICOS**

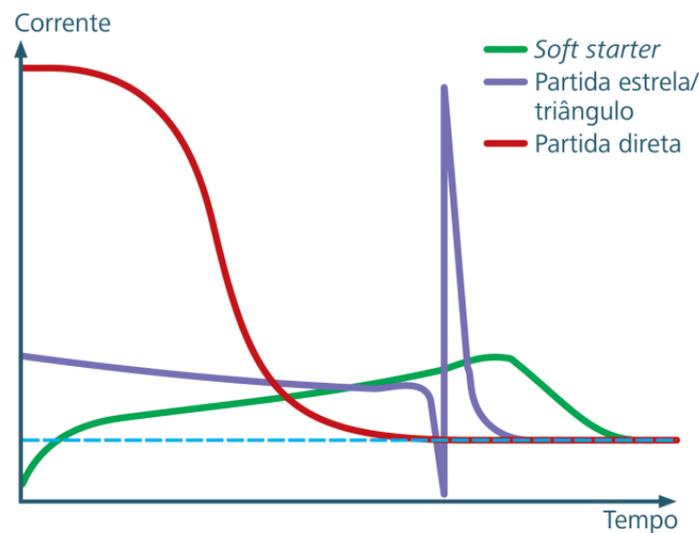
Em conformidade com Segundo e Rodrigues (2015), a partida direta é um método simples de acionamento de motores de corrente alternada. Os motores são conectados diretamente à rede elétrica com a aplicação da tensão nominal nos enrolamentos do estator. Apesar do baixo custo, este tipo de partida apresenta desvantagens, como altas correntes de partida de aproximadamente 4 a 12 vezes a nominal e intermitente torque, acarretando o sobredimensionamento do sistema elétrico, queda de tensão e desgaste prematuro de componentes mecânicos. Para solucionar estes problemas, métodos alternativos, como partida estrela-triângulo ou dispositivos eletrônicos como soft-starters, são empregados para suavizar a corrente de partida direta, como demonstrado no gráfico da figura 2.

Como constata Mamede (2017), em ambientes industriais com carga significativa, as partidas estrela-triângulo são utilizadas para atenuar os impactos da corrente de partida dos motores elétricos, sendo aplicáveis apenas a motores com seis terminais acessíveis e capacidade para dupla tensão nominal, como 220/380V ou 380/660V. O processo compreende inicialmente a conexão do motor na configuração estrela até atingir uma velocidade próxima à operação normal e rapidamente em seguida pela comutação para a ligação em triângulo. No entanto, essa mudança durante a partida resulta em um aumento temporário de corrente, sendo essencial executá-la próximo ao ponto ideal para maximizar os benefícios da redução de corrente. Durante a partida em estrela, tanto o conjugado quanto a corrente de partida são reduzidos a  $1/3$ , sendo relevante observar que esse método é mais adequado para motores que iniciam com eixo livre de cargas devido ao baixo conjugado de partida constante.

Seguindo com Segundo e Rodrigues (2015), quando é necessário iniciar um motor elétrico sem a necessidade de variar sua velocidade, mas buscando uma partida suave para limitar a corrente inicial e evitar quedas abruptas de tensão na rede elétrica, a utilização de soft-starters é uma escolha eficaz. Estas chaves de partida estática são desenvolvidas para acelerar, desacelerar e proteger motores de indução

trifásicos, controlando a tensão aplicada ao motor. Este tipo de partida é comum em aplicações como bombas centrífugas, ventiladores e motores de alta potência que não exigem variação de velocidade, as soft-starters compreendem pontes de tiristores acionadas por uma placa eletrônica microcontrolada. Através do controle da tensão sobre o motor via tiristores, ajustando o ângulo de disparo, esses dispositivos garantem uma partida suave, eliminando quedas bruscas de tensão na rede, ao contrário das partidas diretas, e suprimindo picos de corrente associados às partidas estrela-triângulo.

Figura 2. Gráfico de como a corrente se comporta em diferentes partidas



Fonte: (IFMG - Eletrônica de Potência e Acionamentos Elétricos, 2015).

Levando em consideração os custos aproximados da tabela abaixo de dispositivos aplicados em cada tipo de partida, dimensionada para um mesmo motor de 5 cv, notasse uma elevação considerável nos valores. Entretanto, ao comparar com o gráfico da figura 2, observa-se que, quanto menor o impacto da corrente na rede elétrica, maior será o custo da implementação da partida.

Tabela 1. Custos de diferentes partidas para um mesmo motor de 5 cv.

<b>CUSTOS EM DIFERENTES TIPOS DE PARTIDA PARA MOTOR 5CV</b>	
<b>TIPO DE PARTIDA</b>	<b>CUSTO APROXIMADO</b>
PARTIDA DIRETA	R\$ 500,00
PARTIDA ESTRELA-TRIÂNGULO	R\$ 1.000,00
PARTIDA SOFT-STARTER	R\$ 2.300,00

Fonte: (Dos próprios autores, 2023).

Na figura 4, referentes a tabela 14 da DIS NOR 30 de 2021 da Neoenergia, está estabelecido que a partida direta se limita a motores de 5 cv em 220V e 7,5 cv em 380V, enquanto a estrela triângulo tem um limite de 15 cv em 220V e 25 cv em 380V.

As partidas por soft-starter estão disponíveis em diferentes modelos, adequados para motores de várias potências, desde algumas dezenas de quilowatts até vários megawatts. Contudo, verificar as especificações técnicas do fabricante da soft starter específica que está sendo considerada para determinar o limite exato de potência que ela pode gerenciar.

Vale enfatizar que embora a tabela 1 demonstre o custo de dispositivos em cada tipo de partida para um mesmo motor de 5 cv, é crucial considerar a viabilidade de cada opção. A partida direta é mais simples e econômica, mas pode gerar picos de corrente significativos. A partida estrela-triângulo reduz o impacto inicial, enquanto a soft-starter proporciona uma partida suave com controle adicional. No entanto, seu custo é geralmente mais elevado. Portanto, a escolha entre esses métodos deve levar em conta fatores como o impacto na rede elétrica, o desgaste mecânico, a eficiência energética e o orçamento disponível, garantindo uma solução que atenda tanto às exigências técnicas quanto às econômicas. Por isso é importante conhecer as normas e os conceitos de cada tipo de partida, para dimensionar corretamente qualquer projeto a ser implementado.

## 2.2. CONCEITO DE COMANDO ELÉTRICO

“Dentro de um dispositivo de partida de um motor ficam todos os componentes necessários ao comando e proteção de um motor elétrico. A seleção dos componentes para constituir um dispositivo está diretamente relacionada com o desempenho da instalação.” (Franchi, Claiton Moro; 2008)

De acordo com Filho e Dias (2014) o conceito básico de comando elétrico é muito importante na automação industrial, pois abrange desde sistemas eletromecânicos tradicionais, como relés e contadores até arquiteturas avançadas, como controladores lógicos programáveis. No entanto, a capacidade de desenvolver o pensamento lógico e articular deliberadamente dispositivos de controle elétrico não é uma tarefa fácil. Existem regras, conceitos e postulados que permitem aos projetistas organizar símbolos, funcionalidades e necessidades que requerem um processo de construção de conhecimento que inclui a identificação de componentes individuais como botões, sinalizadores, relés e contadores usados em estruturas cada vez mais complexas.

Figura 3. Quadro de comando montado



Fonte: (MCEIG – Painéis e quadros elétricos).

Conforme Filho e Dias (2014) destacam, a rede elétrica alimenta as cargas através de circuitos elétricos específicos, os quais contam com dispositivos de comando para controlar o funcionamento das cargas, incluindo ligações, desligamentos, ajustes de potência e velocidade, entre outros. Os interruptores e contadores são os principais dispositivos de manobra utilizados. Essas manobras são realizadas por meio de comandos externos que direcionam a atuação dos dispositivos. Porém, existe uma classe especial de dispositivos de manobra, conhecidos como dispositivos de proteção, que operam de forma autônoma, sem a necessidade de comandos externos. Esses dispositivos entram em ação imediatamente quando há risco para a integridade física do circuito ou da carga. Os fusíveis, disjuntores e relés térmicos são os principais dispositivos de proteção utilizados. Caso seja detectada uma corrente elétrica excessiva, seja por sobrecarga ou curto-circuito, esses dispositivos interrompem a conexão de forma automática e autônoma. Essa ação de manobra dos dispositivos de proteção tem como objetivo garantir a segurança e a integridade do circuito elétrico e das cargas conectadas.

Portanto, comandos elétricos são dispositivos e sistemas utilizados para controlar o funcionamento de máquinas elétricas, como motores, lâmpadas, equipamentos industriais, entre outros. Esses comandos são responsáveis por enviar sinais elétricos que ligam, desligam, controlam a velocidade, invertem o sentido de rotação e protegem os equipamentos elétricos.

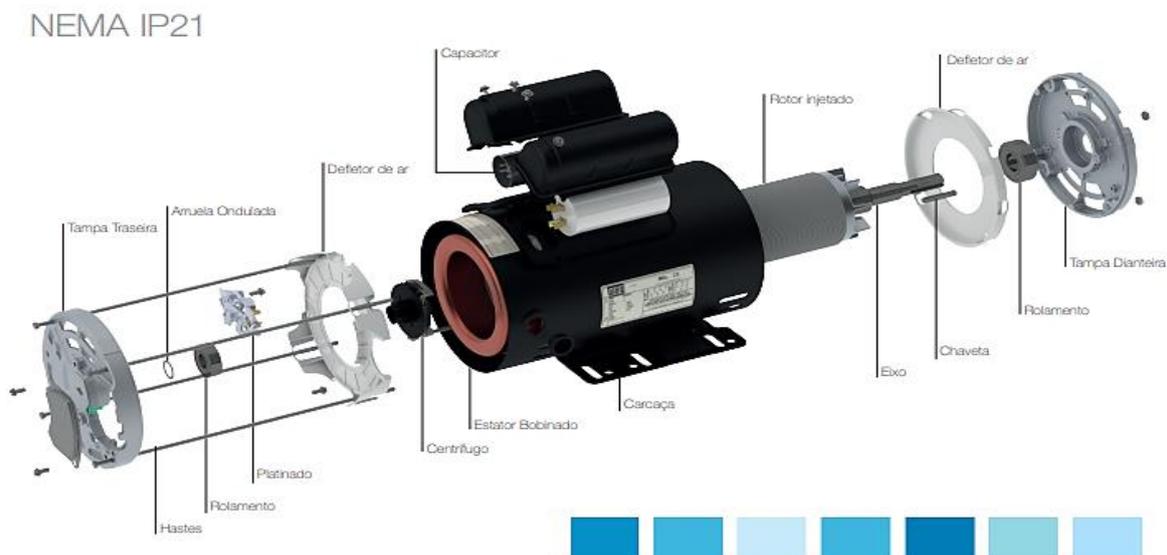
### **2.3. PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DE UM MOTOR MONOFÁSICO E TRIFÁSICO**

De acordo com Mamede (2017) os motores monofásicos são normalmente utilizados em aplicações de baixa potência e não são amplamente empregados em instalações industriais em comparação com os motores trifásicos. Eles são projetados com um segundo enrolamento no estator, defasado de 90 graus

elétricos em relação ao enrolamento principal, a fim de criar um campo magnético girante, possibilitando a partida do motor monofásico.

O torque de partida é gerado pela defasagem de 90 graus entre as correntes do circuito principal e do circuito de partida. Para se obter essa defasagem, um capacitor de partida é conectado ao circuito de partida, sendo usado, geralmente do tipo eletrolítico, que funciona somente quando é solicitado por tensões com polaridade estabelecida, ele é montado sobre a carcaça do estator, utilizando um suporte que também o protege mecanicamente, assim o campo rotativo resultante orienta o sentido de rotação do motor. Um dispositivo automático é utilizado para desligar o enrolamento de partida após o acionamento do motor, permitindo que ele funcione normalmente em regime monofásico, esse dispositivo pode ser acionado por um sistema de força centrífuga. O enrolamento de partida é desenergizado quando a corrente no circuito principal diminui após o motor entrar em regime de funcionamento normal.

Figura 3. Motor monofásico, vista explodida



Fonte: (WEG, 2016).

Conforme o livro do SENAI (Comandos Elétricos, 2013) ao energizar o motor, as bobinas recebem tensão, resultando na criação de um campo eletromagnético devido à corrente elétrica que flui por elas. Esse campo magnético

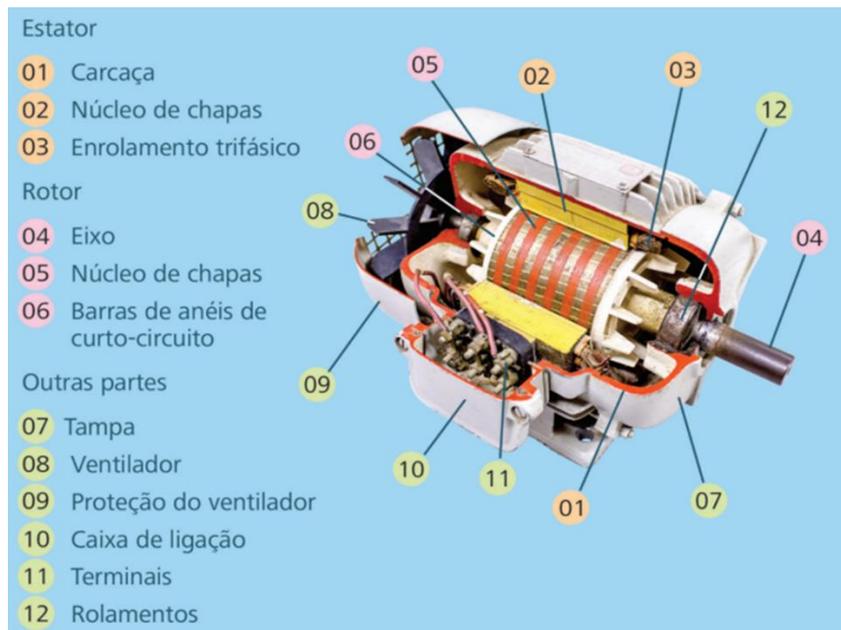
interage com o rotor do motor, gerando o movimento necessário para girar o eixo. No entanto, é importante mencionar que o enrolamento de partida, o capacitor e o contato centrífugo desempenham um papel crucial apenas na fase de partida do motor. Eles colaboram para iniciar o movimento do motor, mas assim que ele entra em rotação, o contato centrífugo é acionado, desligando o enrolamento de partida e o capacitor. Dessa forma, o motor continua em funcionamento apenas com o enrolamento principal, sem depender mais desses componentes adicionais.

Já o princípio de funcionamento dos motores assíncronos trifásicos, segundo Mamede (2017), é baseado nos três enrolamentos instalados no estator, que estão ligados diretamente à fonte de tensão. Esses enrolamentos estão fisicamente deslocados em 120 graus um do outro. A fonte de alimentação do sistema elétrico fornece três tensões defasadas no tempo em 120 graus, formando um campo magnético girante. Esse campo magnético gira a uma velocidade angular determinada pela frequência do sistema de alimentação e atravessa o entreferro, atingindo a massa rotórica do motor. Esse fluxo magnético induz forças eletromotrizes nas barras do rotor.

As barras do rotor estão em curto-circuito nas extremidades por meio de dois anéis, o que permite a circulação de corrente, essa corrente interage com o campo girante do estator, gerando um conjugado eletromecânico que faz com que o rotor seja arrastado no sentido desse campo magnético girante. Para que ocorra o conjugado, a velocidade angular do rotor deve ser ligeiramente inferior à velocidade angular do campo girante do estator. Se a velocidade angular do rotor fosse exatamente igual à velocidade angular do campo girante do estator, o conjugado seria nulo, e o motor não teria força para iniciar o movimento.

Esse deslizamento entre as velocidades angulares do rotor e do campo girante é necessário para que haja um conjugado efetivo e o motor possa produzir torque e realizar trabalho mecânico.

Figura 3.1. Motor de indução trifásico gaiola de esquilo

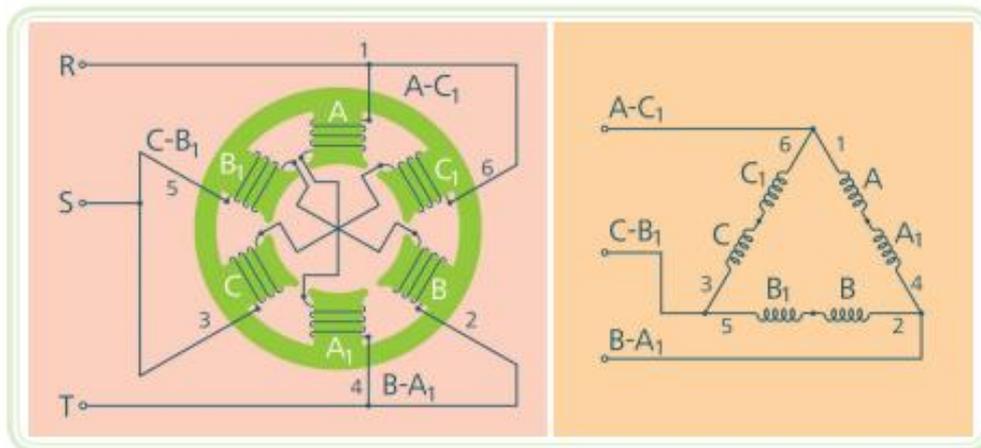


Fonte: (IFMG - Eletrônica de Potência e Acionamentos Elétricos, 2015. p 17).

De acordo com Segundo e Rodrigues (2015) o princípio de funcionamento dos motores elétricos é baseado na relação entre corrente elétrica e campo magnético. Quando uma corrente elétrica circula por uma bobina, é gerado um campo magnético proporcional à intensidade da corrente. Esse campo magnético depende da corrente presente na bobina, sendo nulo quando a corrente é zero e atingindo o máximo quando a corrente é máxima. No caso dos motores trifásicos, a aplicação da corrente alternada trifásica nos enrolamentos do estator gera um campo magnético rotativo, conhecido como campo girante. Os três enrolamentos do estator possuem correntes defasadas em 120 graus, o que resulta em três campos magnéticos individuais também defasados entre si. Esses campos magnéticos se combinam e formam um único campo magnético giratório, cuja posição varia com o tempo. Esse campo magnético giratório atua sobre o rotor do motor, provocando seu movimento. A rotação do campo girante é representada pela seta e ocorre devido à defasagem de 120 graus elétricos entre as três fases de alimentação. Assim, o campo magnético girante age sobre o rotor, induzindo forças magnéticas que resultam no movimento do motor.

A figura abaixo mostra a ligação interna das bobinas do estator em que a defasagem entre as bobinas estão em  $120^\circ$  e ligadas em triangulo para produção do campo magnético girante.

Figura 3.2. Ligação das bobinas no estator



Fonte: (IFMG - Eletrônica de Potência e Acionamentos Elétricos, 2015. p 18).

## 2.4. CARACTERISTICA DE PARTIDA DIRETA DE MOTOR TRIFÁSICO

Segundo Mattede (S,D), a partida de motores trifásicos, mais simples e barata é a direta porque o motor é alimentado com a tensão direta da rede nas suas bobinas, utilizando um pequeno número de componentes como: disjuntores, contator, rele térmico, chaves seletoras ou botoeiras. É recomendado quando se deseja o rendimento máximo dele no momento da partida.

Conforme Moraes (2012), complementa com algumas características da partida direta, como a principal o pico de corrente inicial alto, devido ao arranque a plena velocidade e com carga, a instalação elétrica local e do motor, deve suportar esse acréscimo momentâneo de corrente, (até 8 vezes a corrente nominal), para não comprometer o funcionamento dos outros equipamentos na mesma rede elétrica.

Existe uma limitação com relação a potência do motor para ser usada a partida direta de até 7,5 cv em 380V, e 5 cv em 220V, de acordo com a tabela abaixo fornecida pela concessionária Neoenergia, para preservar sua malha elétrica e os demais consumidores, de variação de tensão provocados pelo acréscimo momentâneo no consumo de corrente comum nessa modalidade de acionamento.

Figura 4. Tabela normativa para tipos de partida em motores trifásicos.

#### ANEXO I. TABELAS

**Tabela 14 - Dispositivos de Partida para Motores Trifásicos**

Tipo de Partida	Tipo de Chave	Potência do motor (cv)	Tipo do Motor	Tipo do Rotor	Tensão da Rede (V)	Tensão de Placa do Motor (V)	Número de Terminais	Tap's	Tap's de Partida			
Direta	-	≤ 5	-	-	220 / 127	380 / 220 (3)	- 6 Δ	-	-			
						220	3 Y ou 3 Δ					
		≤ 7,5			380 / 220	380 / 220 (3)	6 Y -					
						380	3 Y ou 3 Δ					
Indireta Manual	Estrela - Triângulo	5 < P ≤ 15	Indução	Gaiola	220 / 127	380 / 220 (2)	6 Y ou 6 Δ	50,65,80	50			
		7,5 < P ≤ 25			380 / 220	660 / 380	6 Y ou 6 Δ					
	Série - Paralelo	5 < P ≤ 15	Indução	Gaiola	220 / 127	380/220 / 440 / 760	12 Δs ou 12 Δ //					
		7,5 < P ≤ 25			380 / 220	380/220 / 440 / 760	12 Δs ou 12 Δ //					
	Chave Compensadora	5 < P ≤ 15	Indução	Gaiola	220 / 127	380 / 220	9 Ys ou 9 Y //					
		7,5 < P ≤ 25			380 / 220	380/220 / 440 / 760	12 Ys ou 12 Y //					
	Resistência ou Reat. de partida	Igual à chave série-paralelo desde que os valores em ohms das resistências ou reatâncias sejam iguais ou maiores que o valor obtido da relação 60 / cv (220/127) e 160 / cv (380 / 220)										
	Indireta Autom.	Estrela - Triângulo	5 < P ≤ 40	As outras características são idênticas as das chaves manuais.								
7,5 < P ≤ 40												
Série - Paralelo		5 < P ≤ 40										
		7,5 < P ≤ 40										
Chave Compensadora	5 < P ≤ 40											
	7,5 < P ≤ 40											

Notas:

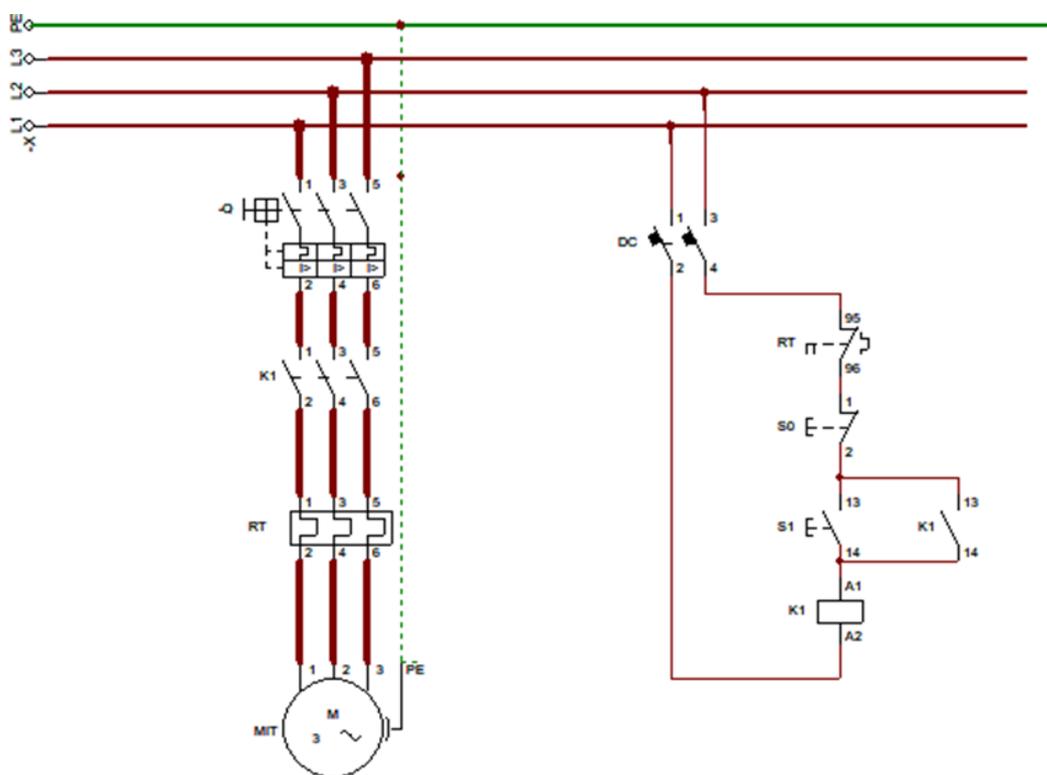
1. O número sublinhado no campo "Tensão de Placa no Motor" se refere a tensão de funcionamento do motor;
2. Poderá haver motores com tensões de placas 380/220 / 440 / 760V, funcionando em ambas as tensões da rede,
3. bastando ligar em estrela paralela ou triângulo paralelo, podendo o mesmo ter 9 ou 12 terminais;
4. Identifica à nota 2. devendo, porém, ter somente 12 terminais.

Fonte: (Neoenergia, 2021).

## 2.5. ESQUEMA DE LIGAÇÃO DIRETA (DIAGRAMA)

O diagrama abaixo exemplifica a inicialização dos dispositivos, objetos desse Trabalho de Conclusão de Curso, elaborados em um aplicativo chamado CDeSIMU.

Figura 5. Diagrama elétrico de partida direta em motores trifásicos



Fonte: (Dos próprios autores, 2023).

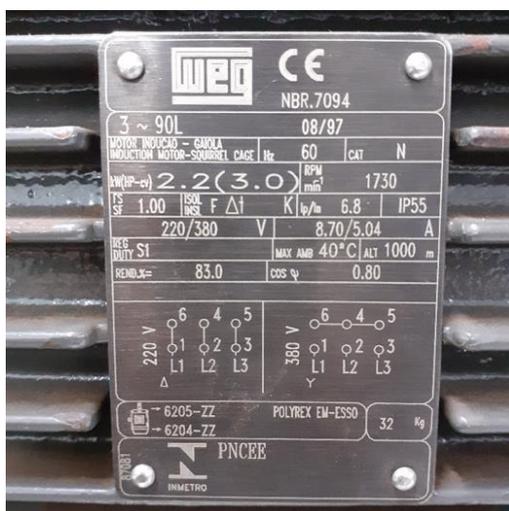
Motores depois de rebobinados muitas vezes apresentam 3 terminais, pois as bobinas são fechadas em estrela por dentro, é uma opção do profissional que executou o serviço. Ou se o fabricante assim optar na fabricação de seu produto.

Conforme Mattede (S,D), relata no Brasil, existem uma diferença nos níveis de tensão nas redes de distribuição variando de acordo com a localização e concessionária, sendo os mais usados os modelos: 127/220V e o 220/380V.

O primeiro modelo citado tem como a diferença de potencial elétrico entre fase e neutro de 127V e entre fase e fase 220V, enquanto o segundo tem uma diferença entre fase e neutro de 220V, e entre fase e fase de 380V.

Para resolver essa problemática, os fabricantes (como a WEG motores por exemplo) costumam fabricar seus motores com 6 terminais, pois assim podem ser utilizados em ambos os modelos de distribuição, variando apenas a sua ligação com a rede de alimentação.

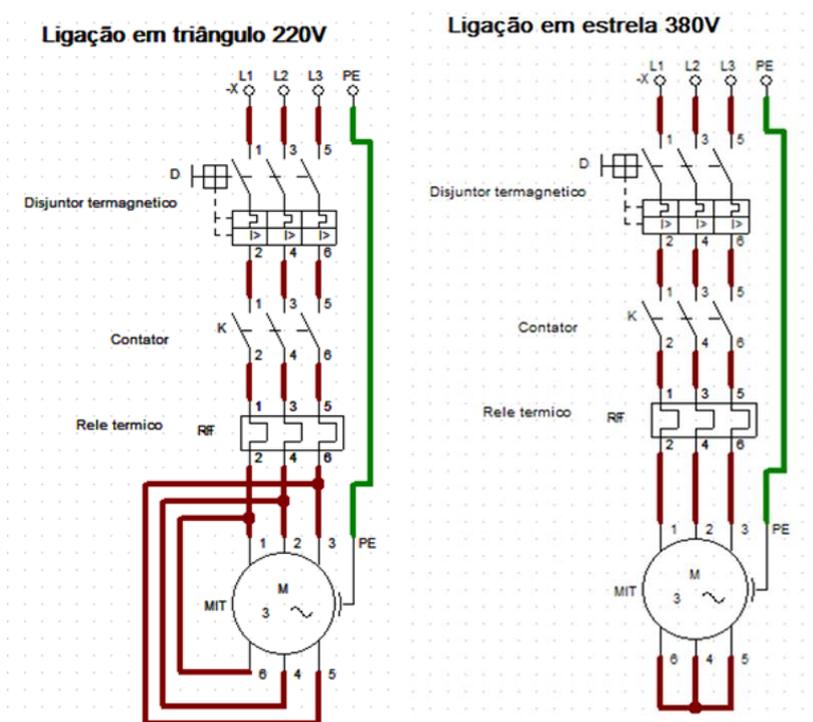
Figura 5.1. Placa de identificação de um motor trifásico



Fonte: (Dos próprios autores, 2023).

As duas figuras abaixo demonstram a instalação de forma detalhada, por meio de diagramas multifilares.

Figura 5.2. Diagramas de ligação em Δ (triângulo) e Y (estrela)



Fonte: (Dos próprios autores, 2023).

## 2.6. EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NO DESENVOLVIMENTO DA PLANTA DIDÁTICA

### 2.6.1. DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO

O objetivo do Disjuntor Termomagnético é evitar que as instalações elétricas sejam prejudicadas por sobrecargas e curtos-circuitos. Ele é responsável por acompanhar e regular a corrente elétrica, cortando seu fluxo de energia elétrica assim que detectar picos que superem o limite adequado para seu dimensionamento.

Figura 6. Disjuntores



Fonte: (Sala da elétrica, 2017).

Para este tipo de disjuntor, existem três tipos de polaridades: Monopolares ou unipolares – protegem uma única fase; Bipolares – protegem, simultaneamente, duas fases; Tripolares – Protegem, simultaneamente, três fases.

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) em sua norma brasileira NBR 5410, os condutores vivos devem ser protegidos, por um ou mais dispositivos de seccionamento automático contra sobrecargas e contra curtos-circuitos (item 5.3.1.1 da NBR 5410).

Esses dispositivos possuem 3 funções:

**Manobra:** A manobra é o ato de abrir e fechar o circuito onde o disjuntor está instalado.

**Proteção contra sobrecargas:** O disjuntor termomagnético verifica o sistema elétrico assim: se a corrente elétrica ultrapassa o dimensionamento do circuito, causando uma sobrecarga, ele aciona um dispositivo que reage ao calor e faz o circuito se abrir.

**Proteção contra curtos-circuitos:** O disjuntor termomagnético tem um mecanismo magnético que o desliga quando há um aumento repentino da corrente elétrica.

Um Disjuntor Termomagnético possui duas formas de proteger um circuito elétrico: uma térmica e uma magnética. A proteção térmica ocorre por meio de uma lâmina bimetálica que se deforma quando há uma sobrecarga de corrente. Essa deformação provoca a abertura de um contato que interrompe o circuito. A proteção magnética, por outro lado, utiliza uma bobina que gera um campo magnético quando há uma corrente muito alta. Esse campo magnético desloca um contato que também interrompe o circuito. Esses mecanismos baseiam-se nos efeitos joule e eletromagnético, respectivamente. (SOUZA, S/D)

A ABNT NBR NM 60898, é a norma que regulamenta as curvas características dos disjuntores para proteção de sobrecorrentes. Os utilizados em instalações domésticas por exemplo, possuem basicamente três tipos de curvas.

A curva de disjuntores é uma característica importante, que determina o tipo de atuação, tempo de acionamento e disparo da proteção de um disjuntor.

#### Curva do tipo B

No disjuntor de curva B, a corrente instantânea suportada será de 3 a 5 vezes a corrente nominal;

#### Curva do Tipo C

A curva Tipo C será mais robusto em relação a capacidade de suportar esta corrente instantânea, que será de 5 a 10 vezes a corrente nominal da carga.

Estes disjuntores são utilizados em proteções de cargas indutivas que exijam correntes de partidas “medianas”. Exemplos seriam motores de indução, ar-condicionado, motor de bomba de piscina, reatores de lâmpadas fluorescentes bombas de poço artesiano e cargas indutivas similares.

#### Curva do Tipo D

A curva Tipo D tem uma maior capacidade de suportar estas correntes instantâneas, que será entre 10 e 20 vezes a corrente nominal.

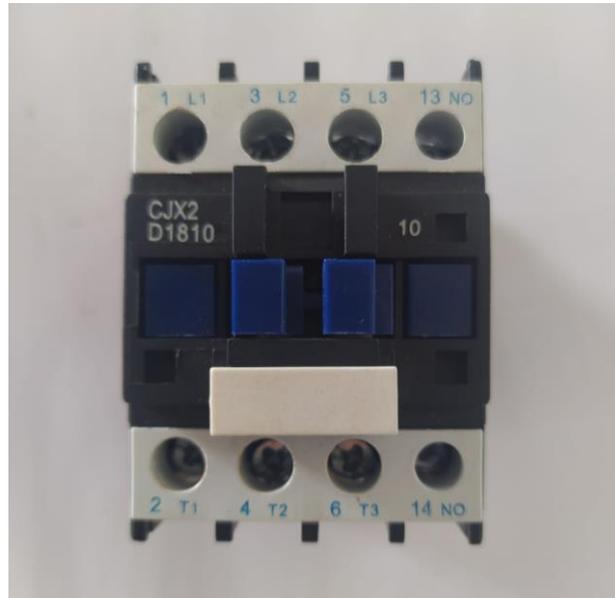
Estes disjuntores serão utilizados por sua vez na proteção de grandes cargas indutivas. Motores de grande porte, transformadores mais robustos, máquinas de solda são bons exemplos.

Como informação adicional: Não são mais fabricados disjuntores de curva do tipo A, já que a representação da grandeza elétrica principal dos disjuntores que é a Corrente Elétrica (A), assim evitando algum tipo de confusão na identificação das características do disjuntor. (MORAES, S/D)

### **2.6.2. CONTATOR**

Um contator é um componente eletromecânico que permite a comutação de circuitos elétricos de correntes elevadas através do acionamento de botões, chaves seletoras ou até mesmo de controle remoto. Os contadores são elementos fundamentais em um comando elétrico e permitem que sejam incluídas funções automáticas no comando de uma máquina elétrica, como temporizações e retardo de acionamento, além da possibilidade de sinalização do status de operação da máquina, tanto de forma sonora quanto luminosa. (SOUTO, 2004)

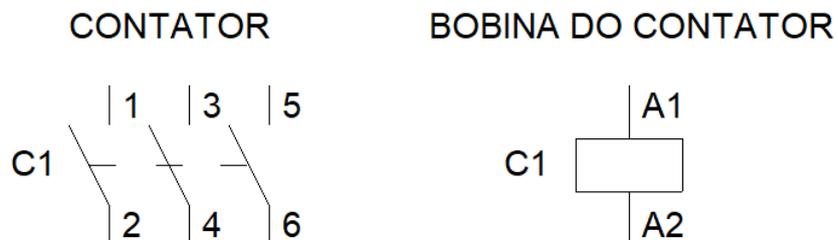
Figura 7. Contator



Fonte: (Dos próprios autores, 2023).

Um contator é uma chave de comutação eletromagnética, geralmente usada para cargas de maior potência. Ele possui contatos principais para energização da carga e contatos auxiliares NA e NF com menor capacidade de corrente. Esses contatos auxiliares são usados para auxiliar nos circuitos de comando e sinalização, além do acionamento de outros dispositivos elétricos. (SOUTO, 2004)

Figura 7.1. Simbologia de um contator de potência



Fonte: (Dos próprios autores, 2023).

O princípio de funcionamento de um contator é através do efeito eletromagnético, possuindo três contatos de carga que alimentam diretamente os motores. Também existe o bloco de contatos auxiliares que são usados para aumentar a capacidade de automatização no comando a ser executado.

Os contadores são elementos fundamentais em um comando elétrico e permitem que sejam incluídas funções automáticas no comando de uma máquina elétrica, como temporizações e retardo de acionamento, além da possibilidade de sinalização do status de operação da máquina, tanto de forma sonora quanto luminosa. Eles são muito usados para o acionamento e proteção (quando adicionados outros componentes) de máquinas, sendo usado na maioria das vezes em motores elétricos. Eles também podem ser usados em sistemas de iluminação, bancos de aquecimento, autotransformadores e outros. (MATTEDE, S, D)

De acordo com Franchi (2008), o dimensionamento do contator deve ser feito considerando alguns critérios, como por exemplo, a categoria de emprego, a corrente da carga, a tensão e a frequência, a quantidade de manobras, o número de contadores auxiliares e usando a seguinte equação:

$$I_e(\text{contator}) \geq I_n$$

$I_e$ : corrente nominal do contator

$I_n$ : corrente nominal do circuito

E então é necessário encontrar no catálogo do fabricante, o contator que abranja a faixa de corrente maior que a corrente nominal do circuito.

### **2.6.3. RELÉ TERMICO**

Relés térmicos “são dispositivos construídos para proteger, e controlar ou comandar um circuito elétrico, atuando sempre pelo efeito térmico provocado pela corrente elétrica” (SOUZA, 2009).

Um relé térmico é um componente que mede a temperatura de um dispositivo. Ele consiste basicamente em uma chapa bimetálica com um único núcleo metálico e um segundo núcleo metálico com um coeficiente de expansão térmica

diferente, (SANTOS, 2022). A diferença no coeficiente de expansão térmica entre esses dois materiais, causa a expansão e contração da chapa bimetalica após ser aquecida, levando as partes mecânicas do relé térmico a dobrar ou torcer.

Um relé térmico é um dispositivo eletrônico que funciona em conjunto com um contator, preservando o motor elétrico. Seu princípio de funcionamento é basicamente dobrar tiras bimetalicas em contatos normalmente abertos. Durante um curto-circuito, as tiras bimetalicas são superaquecidas, causando o fechamento dos pontos de contato. Portanto, os relés térmicos só podem ser utilizados quando não houver curto-circuito entre os aparelhos, (SANTOS, 2022).

Figura 8. Relé térmico de 1 a 1.6 A



Fonte: (Dos próprios autores, 2023).

De acordo com Franchi (2008), O relé não deve ter a corrente nominal do circuito no seu ajuste máximo, pois isso pode impedir a passagem de correntes necessárias ao motor, especialmente se ele precisar operar com um fator de serviço acima de 1. A recomendação é ajustar a corrente do relé entre 1,15 e 1,25 vezes a corrente nominal do motor. Em casos específicos, como motores com fator de serviço superior a 115%, o ajuste pode ser até 1,25 vezes a corrente nominal.

Para outros casos, o ajuste deve ser para 1,15 vezes a corrente nominal. Além disso, é importante considerar a faixa inferior para garantir que o relé possa detectar a falta de fase quando o motor opera abaixo de 60% da sua corrente nominal, ajustando-o conforme necessário.

Usa se a seguinte equação:

$$I_r = 1,15 \text{ até } 1,25 \times I_n$$

$I_n$ : corrente nominal do motor

$I_r$ : corrente de ajuste do relé térmico

#### **2.6.4. RELÉ FALTA FASE**

Franchi (2008) afirma que o relé falta fase supervisiona sistemas de energia trifásica em que há um deslocamento de  $120^\circ$  entre as fases. Ele é capaz de identificar a ausência de uma ou mais fases do neutro e ativa uma interrupção de contato quando ocorre essa falta. Para evitar operações desnecessárias durante a partida de um motor ou em casos de faltas de fase momentâneas, o relé apresenta um atraso de aproximadamente cinco segundos antes de acionar sua função.

Figura 9. Relé falta fase



Fonte: (Dos próprios autores, 2023).

O relé de falta de fase opera com base nas suas três entradas de rede designadas como L1, L2 e L3. Essas entradas são encarregadas de alimentar o relé interno e permanecem conectadas em condições normais, quando a tensão está dentro dos parâmetros pré-estabelecidos. No caso de detecção de falta de fase no sistema trifásico, essas entradas atuam como fontes alternativas, fornecendo a energia acumulada pelos relés internos em substituição à corrente regular.

Esse procedimento é extremamente valioso e essencial para preservar a integridade de motores trifásicos, evidenciando a relevância do relé de falta de fase como um componente crucial para garantir a segurança dessas máquinas.

### 2.6.5. CABOS ELÉTRICOS

Mattede (2023) afirma que sem os cabos e fios elétricos, não seria possível a geração, transmissão e distribuição da energia elétrica, tornando-os fundamentais para o funcionamento da eletricidade. Embora compartilhem a finalidade de condução elétrica, são fabricados de formas distintas, os fios elétricos são compostos por um único fio condutor, tornando-os rígidos, enquanto os cabos

elétricos condutores são constituídos por vários fios entrelaçados, conferindo-lhes maior flexibilidade em relação aos cabos sólidos.

De acordo com Mamede (2017) grande maioria das instalações industriais usa cobre como material condutor para fios e cabos. Embora os condutores de alumínio sejam bem mais baratos, seu uso nessas instalações é limitado, em parte devido às orientações da norma brasileira NBR 5410, que só permite seu uso em seções de 16mm<sup>2</sup> ou maiores. Os condutores de alumínio requerem cuidados especiais durante o manuseio e instalação devido às suas propriedades químicas e mecânicas. No entanto, a maior limitação para seu uso é a dificuldade de estabelecer uma conexão segura com os terminais dos dispositivos de consumo, já que a maioria desses dispositivos é projetada para fazer interface com condutores de cobre.

Nascimento (2013) afirma que em instalações industriais de energia e controle, como painéis de controle e centros de controle de motores (CCMs), os cabos são usados tanto para conexões internas dentro do painel quanto para conduzir energia do painel de controle para a caixa de ligação do motor. O cabo usado para alimentar o motor pode ser diferente do cabo usado dentro do painel de controle, dependendo do método de montagem ou instalação usada para receber os fios. Geralmente, quando a infraestrutura é baseada em eletrodutos, um cabo convencional com isolamento simples de PVC ou EPR é usado para alimentar o motor. Quando a estrutura é construída com base em caminhos de cabos, são instalados cabos com proteção externa adicional. Enquanto os cabos unipolares são usados para conexões dentro de painéis e em instalações de eletrodutos, os cabos PP multipolares são usados para conexões externas, transportando energia para o motor através de uma canaleta ou escadas, como bandejas de cabos. O isolamento adicional em um cabo multipolar desempenha um papel importante na proteção do cabo mecânico e no isolamento entre os cabos internos.

Figura 10. Fios e cabos elétricos



Fonte: (Desterro eletricidade, 2021).

É importante notar que a norma NBR 5410 estabelece diretrizes por meio de tabelas para a seleção adequada dos condutores, levando em consideração a temperatura, quantidade de cabos no eletroduto, tipos de isolamento, métodos de instalação, entre outros fatores relevantes. O dimensionamento dos cabos deve ser realizado considerando não apenas as demandas específicas da instalação, mas também em conformidade com a norma que regulamenta as instalações elétricas no Brasil, garantindo assim a segurança e eficiência do sistema elétrico.

A NBR 5410, em sua seção 6.2.6.1.1, estipula que a seção dos condutores de fase em corrente alternada e dos condutores vivos em corrente contínua não deve ser inferior aos valores indicados na tabela 47 desta norma específica. No caso de condutores e cabos isolados em circuitos de força, a seção mínima aceitável é de 2,5mm<sup>2</sup> para condutores de cobre.

### **2.6.6. CHAVE SELETORA 3 POSIÇÕES**

Chave seletora ou comutadora é um componente de performance adequado, utilizada para alimentação, inversão de rotação e manobras de motores.

A chave comutadora é aplicada em qualquer comando tradicional, assegurando, versatilidade e durabilidade nas instalações elétricas.

Esse tipo de chave é muito usado nos circuitos onde se pode fazer a escolha de manual ou automático, por exemplo, no caso da chave de duas posições com um ponto comum, mas no mercado encontra-se também com mais de duas posições, (SENAI, 2013).

As chaves seletoras começaram a surgir quando o homem começou a perder seu espaço nas indústrias, no século XX, máquinas passaram a ser acionadas através de chaves, nesse tempo tudo mais robusto, porém de grande valia para aquela época, com o passar do tempo esses equipamentos ainda continuam responsáveis por acionamentos de máquinas e são encontrados para os mais variados tipos de aplicações. (MAMEDE, 2010).

A chave seletora é muito importante na instalação dos geradores de energia, o desprezo da sua utilização acarreta em riscos às instalações elétricas, este dispositivo garante, proteção contra contatos diretos das mãos dos operadores com partes energizadas, impedindo descargas elétricas, com consequências como a queima de equipamentos, possibilidade de incêndios provocados por descargas elétricas, energização indevida da rede elétrica da concessionária, são de fácil manuseio, compactas, o que otimiza espaço, além de operar em diferentes correntes variáveis.

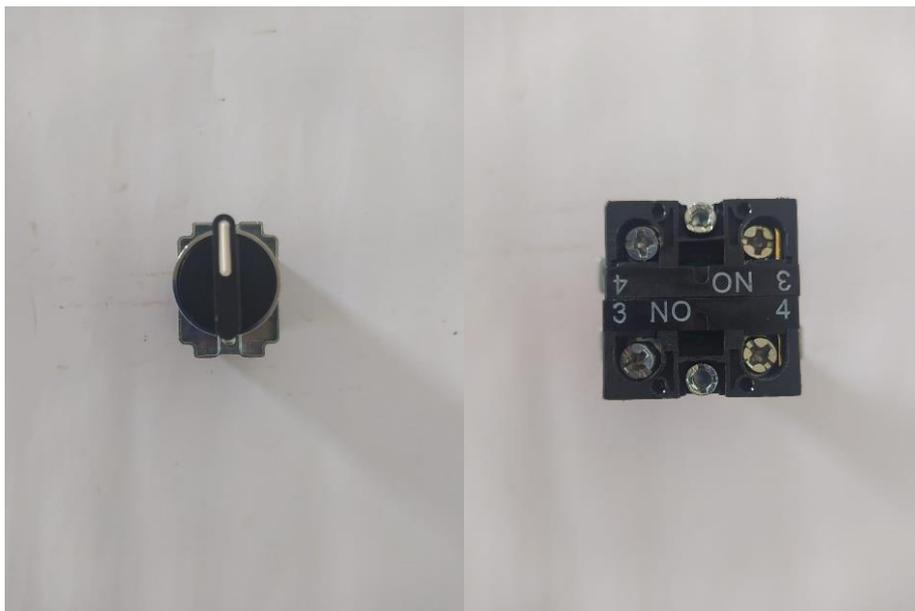
A instalação de um circuito automático dentro de uma indústria tem alto custo, porém, as médias e pequenas empresas podem optar por meios mais acessíveis, como a instalação de chaves comutadoras, são chaves altamente utilizáveis, eficientes e de baixo custo, utilizadas na alimentação de circuitos e/ou 21 manobras de motores, portanto, podendo ser utilizadas em diversas situações. (FRANCHI, 2008).

São equipamentos eletromecânicos onde seu acionamento é feito manualmente pelo próprio operador, comutando seus contatos, ligando e desligando máquinas, invertendo sentido de rotação de motores ou até mesmo acionando circuito de partidas, através de seu funcionamento mecânico, acionados por um sistema rotativo que movimentam seus contatos elétricos, fazendo com que se permita a passagem da corrente elétrica. (FRANCHI, 2008).

No mercado atual existem chaves seletoras de posições variadas, a chave seletora com 3 (três) posições fixas e 2 (dois) blocos de contato NA (normalmente aberto) afixados por parafuso, o suporte da chave comporta blocos de contato, que podem ser substituídos e acoplados um sobre o outro, conforme a necessidade do projeto. É normalmente utilizada para selecionar entre acionamento automático ou manual de partida em motores, máquinas e equipamentos e para evitar acionamento indevido, acidental ou deliberado, de equipamentos, em casos de parada para manutenção.

Ao utilizar uma chave seletora deve-se seguir as orientações da NBR 5410, que regulamenta quanto a instalação, utilização e manutenção de dispositivos elétricos.

Figura 11. Chave seletora 3 posições



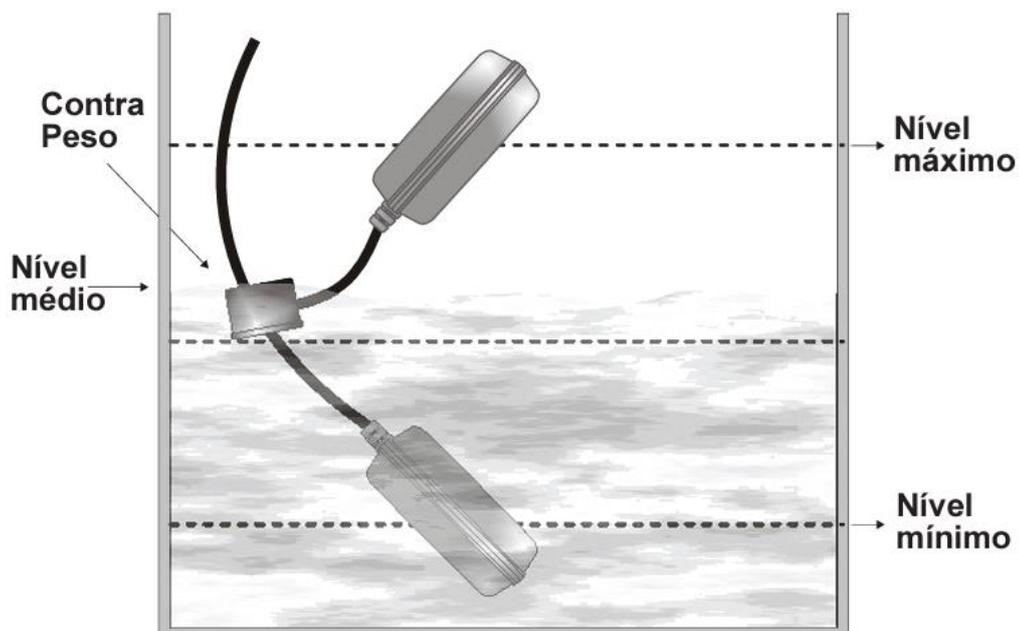
Fonte: (Dos próprios autores, 2023).

## 2.6.7. CHAVE BÓIA

De acordo com a MarGirus, indústria de controles elétricos, os dispositivos automáticos conhecidos como Chaves tipo boia, desempenham a função de regular o nível de água em diversas estruturas, como reservatórios, poços, tanques e caixas. Essas chaves são projetadas para automatizar o controle de contadores, acionar bombas e controlar eletroválvulas, oferecendo uma solução eficaz e eficiente para o gerenciamento do nível de água em diferentes ambientes.

Figura 12. Funcionamento da chave boia

### UTILIZAÇÃO

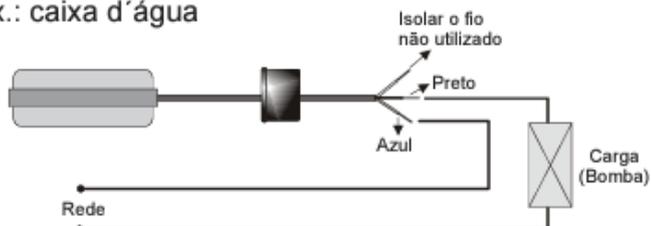


Fonte: (Mar - Girus).

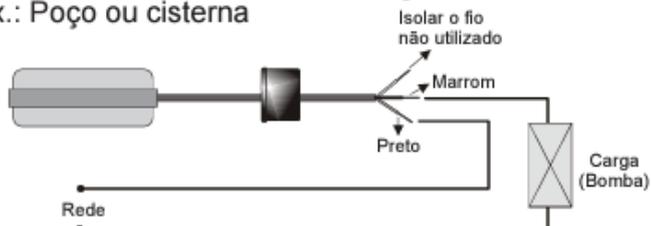
Figura 12.1. Esquema de ligação da chave boia

## ESQUEMA DE LIGAÇÃO

**Controle de nível superior: desliga no limite superior**  
Ex.: caixa d'água



**Controle de nível inferior: desliga no limite inferior**  
Ex.: Poço ou cisterna



Obs.: As cores dos cabos podem ser alteradas sem prévio aviso. Observe o encarte do produto antes da instalação.

Fonte: (Mar -Girus).

A capacidade máxima da corrente dessa chave bóia é de 25 A, corrente superior a isso é recomendado o uso de contadoras, para o circuito de carga, sendo a bóia utilizada no circuito de comando.

Internamente, existe um interruptor tipo switch que opera de maneira semelhante a uma botoeira sem retenção, indo de normalmente aberto (NA) para normalmente fechado (NF). Este interruptor possui uma entrada comum para duas saídas, e conta com uma esfera de metal e uma alavanca. À medida que o nível de água inclina a boia, ocorre um movimento que desloca a esfera. Esta ação, por sua vez, aciona mecanicamente a alavanca, que, por fim, ativa o switch, fornecendo o comando para ligar ou desligar o motor.

## 2.6.8. MOTOR TRIFÁSICO

De acordo com o guia de especificação motores elétricos da Weg (2023) um motor elétrico é um dispositivo que converte energia elétrica em energia mecânica. Dos vários tipos de motores, os motores de indução são os mais amplamente utilizados devido à sua capacidade de combinar as vantagens da eletricidade – baixo custo, facilidade de transporte, limpeza e controle – com simplicidade e adaptabilidade. Várias cargas para alcançar alta eficiência em diferentes ambientes.

Segundo o livro do SENAI (Comandos Elétricos, 2013), os motores trifásicos tradicionais operam em uma rede elétrica composta por condutores trifásicos (identificados como R, S e T). A configuração desses motores é muito semelhante à de um motor monofásico, incluindo componentes como estator, rotor, capas de mancal, refrigeração e caixas de ligação. Porém, a construção de motores trifásicos é mais simplificada, pois não necessitam de componentes como capacitores de partida, contatos descentrados e enrolamentos de partida. Esses motores vêm em diferentes potências e velocidades e são projetados para operar no sistema CA de 50 Hz ou 60 Hz que os alimenta. No entanto, é melhor garantir que cada motor seja numerado e conectado corretamente e que as fases sejam conectadas na ordem correta, ou seja, R, S e T. Isso assegura que, ao acionar o motor, o instalador saiba em qual direção ele girará adequadamente.

Figura 13. Motor trifásico desmontado



Fonte: (Dos próprios autores, 2023).

Acompanhe a descrição física das principais partes de um motor trifásico de acordo com Seixas e Fernandes (2016).

Estator - Três enrolamentos idênticos são posicionados nas cavidades internas, espaçados uniformemente em 120 graus. Geralmente, esses enrolamentos são construídos em dupla camada, utilizando um espaçamento de passo fracionário, apresentando bobinas distribuídas e podendo possuir seis, nove ou doze terminais.

Figura 13.1. Bobina do estator dentro da carcaça



Fonte: (Dos próprios autores, 2023).

Rotor - As ranhuras são seladas e preenchidas com alumínio fundido, que quando solidificado cria tiras condutoras ao longo do eixo. Em ambas as extremidades do conjunto magnético são encaixados dois anéis de alumínio, conectando os terminais de todas as barras.

Figura 13.2. Rotor gaiola do motor trifásico



Fonte: (Dos próprios autores, 2023).

Carcaça – Feita de ferro fundido desempenha um importante papel de suporte mecânico nas extremidades do estator, rotor e enrolamento do motor. Nos catálogos dos fabricantes, o motor é marcado com um número de quadro. Por exemplo, motores de 0,33 CV são marcados com a carcaça 63, que indica que a distância (H) entre o suporte do motor (suporte) e o centro da carcaça é de 63 mm. Esta medição fornece uma estimativa das dimensões da máquina.

Figura 13.3. Motor trifásico, carcaça



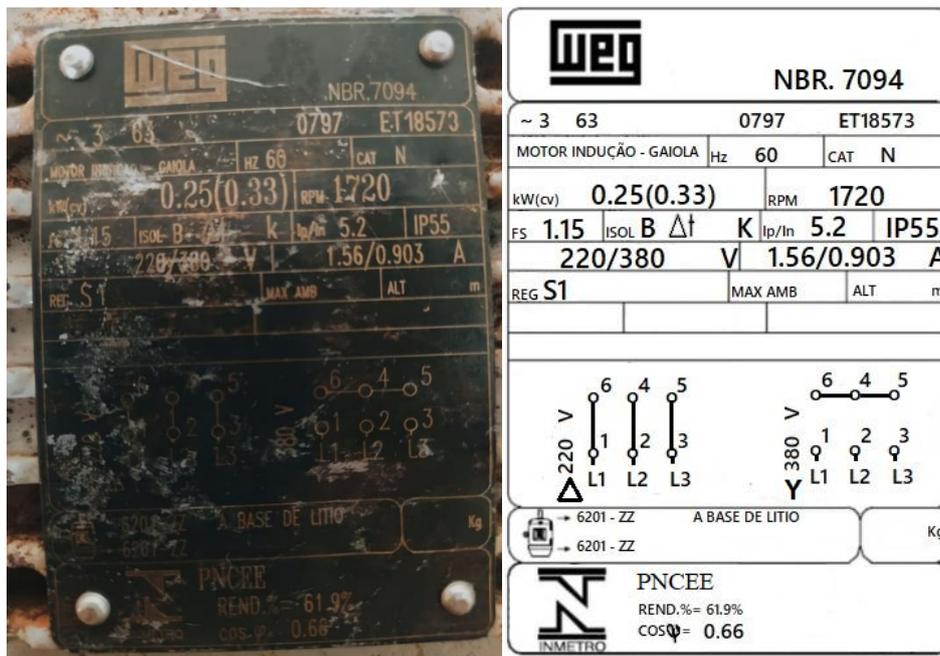
Fonte: (Dos próprios autores, 2023).

## 2.6.9. PLACA DE IDENTIFICAÇÃO DO MOTOR

A placa de identificação do motor trifásico é uma parte importante da documentação e especificações do motor. Elas fornecem informações essenciais sobre o motor, como potência, tensão, corrente, frequência, velocidade, eficiência e outras características técnicas relacionadas.

Essas placas geralmente são fixadas na carcaça do motor para uma melhor referência e para garantir que o dimensionamento dos componentes e equipamentos sejam instalados corretamente e funcionem normalmente e com segurança.

Figura 14. Placa de identificação do motor trifásico



Fonte: (Dos próprios autores, 2023).

Figura 14.1. Informações do motor elétrico da marca WEG e sua natureza

		<b>NBR. 7094</b>	
~ 3	63	0797	ET18573
MOTOR INDUÇÃO - GAIOLA		Hz	CAT
		60	N

Fonte: (Dos próprios autores, 2023).

A primeira informação é a respectiva norma em que foi avaliado (NBR 7094), que é máquinas elétricas girantes – Motores de indução

Logo abaixo a indicação informa que é um motor trifásico (~3);

Depois informa a carcaça em que o motor foi montado (63);

Após você verá a data de fabricação do motor (0797), ou seja, foi fabricado no mês de julho de 1997. E o lote de fabricação (ET18573).

Embaixo mostra o tipo do motor (Motor indução – gaiola), a frequência de operação (60Hz) e a categoria (N) que seria tipo de partida normal.

Figura 14.2. Dados elétricos e de funcionamento do motor

kW(cv)		0.25(0.33)		RPM	1720	
FS	1.15	ISOL	B Δ†	K	Ip/In	5.2
220/380		V	1.56/0.903		A	

Fonte: (Dos próprios autores, 2023).

Na primeira linha está a potência disponível na ponta do eixo, no qual o valor de fora é em quilo Watts (0.25 kW) e o de dentro é a potência em “cavalos” (0.33 cv).

1 cv = 0,735 kW, ou seja 0,735 kW x 0.33 cv = 0.242 kW.

Do lado está a rotação por minuto (1720 rpm), que indica quantas voltas o eixo do motor dá a cada 1 minuto.

Na segunda linha temos o fator de serviço (1.15) que informa até onde o motor pode operar acima da potência nominal, ou seja, esse motor pode trabalhar até 15% a mais que é de aproximadamente de 0.38 cv.

$$0.33 \text{ cv} \times 1.15 = 0.379 \text{ cv}$$

Em seguida temos a classe de isolamento (B K), que aponta a temperatura máxima dos isolantes elétricos que o motor suporta, na categoria B a temperatura máxima é de 130°C.

Depois é a indicação de quantas vezes a corrente de pico ( $I_p$ ) é maior que a corrente nominal ( $I_n$ ), que nesse motor a corrente de partida é de 5.2 vezes maior que a nominal.

O índice de proteção (IP55) é o grau de proteção para entrada de materiais sólidos e líquidos dentro do motor.

Na terceira linha refere-se as tensões em que esse motor opera pode ser de 220v ou 380v, e do lado está a corrente nominal de operação para cada tensão, ou seja, a 220v a corrente é 1.56A e em 380V a corrente é 0.903A.

Figura 14.3. Condições de que o motor deve operar de acordo com o fabricante

REG <b>S1</b>	MAX AMB	ALT	m

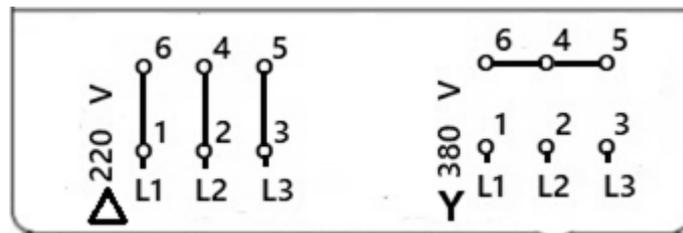
Fonte: (Dos próprios autores, 2023).

Regime de operação (S1) orienta o tempo e a frequência das partidas do motor, nesse caso S1, são para equipamentos que ligam e ficam um tempo acionado antes de desligar e ligar outra vez.

MAX AMB significa a temperatura máxima no ambiente em que o motor vai operar, nesse caso não informada.

ALT é a altitude máxima do motor para funcionar corretamente, pois em altitudes muito elevadas temos uma rarefação do ar, e a quantidade de ar que o ventilador esfria o motor é menor, podendo ter uma sobrecarga térmica.

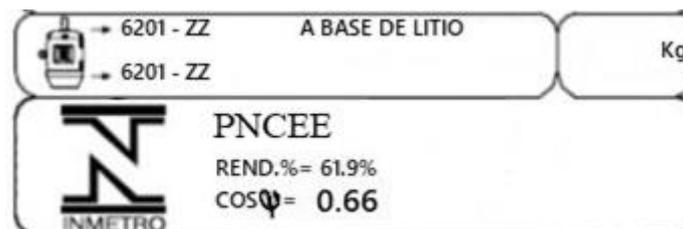
Figura 14.4. Esquema de ligação do motor de acordo com a tensão informada



Fonte: (Dos próprios autores, 2023).

L1, L2, L3 são as linhas, os cabos de entrada da energia elétrica trifásica devem ser ligados. A letra Y significa ligação estrela que é ligada em 380V, e  $\Delta$  que significa ligação triângulo que é ligada em 220V, esses esquemas são importantes para se reduzir o pico de corrente ao ligar o motor.

Figura 14.5. Tipos de rolamentos, rendimento e fator de potência



Fonte: (Dos próprios autores, 2023).

No rodapé da placa, na primeira linha mostra o tipo de rolamento dianteiro e traseiro, nesse caso ambos são 6201-ZZ, o tipo de graxa (A base de lítio) e o peso do motor, que nesse caso não foi informado.

Na última linha mostra-se o selo do inmetro e o rendimento (REND. %), que indica o quanto ele consegue transformar a energia elétrica em mecânica, nesse caso é de 61.9% de eficiência.

$$0.25\text{kW} / 0.619 = 0.40\text{kW}$$

Ou seja, ele consome 0.40kW de potência elétrica e entrega apenas 0.25kW de energia mecânica no eixo, sendo assim o restante é dissipado em calor, ruídos e vibrações.

Por último temos o fator de potência ( $\cos \varphi$ ) que é uma medida da eficiência na qual a energia elétrica é convertida em trabalho útil em um circuito elétrico. Ele varia de -1 a 1 e é calculado pela relação entre a potência ativa (em Watts) e a potência aparente (em Volt-Ampères) em um sistema elétrico.

O fator de potência mostra o tanto de energia que as bobinas do motor precisam para manter o campo magnético, mas de fato significa que o motor gasta uma corrente maior do que ele consome para manter o campo magnético ativo.

O cálculo de potência em motores trifásicos dá-se da seguinte maneira:

$$P = \sqrt{3} * U * I * \cos \varphi * \eta$$

P de potência informada na placa (0.25kW)

U de tensão de alimentação (220V)

I de corrente na tensão informada (1.56A)

$\cos \varphi$  do fator de potência (0.66)

$\eta$  de rendimento, eficiência 61.9% (0.619)

$$P = \sqrt{3} * 220\text{v} * 1.56\text{A} * 0.66 * 0.619$$

$$P = 242.8\text{W} \text{ ou aproximadamente } 0,25\text{kW}$$

Um fator de potência inferior a 1 indica que parte da energia é dissipada como energia reativa, que não realiza trabalho útil, como calor e vibrações. Nesse caso, a energia não está sendo usada de forma eficiente.

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1. BANCADA DIDÁTICA PARA SIMULAÇÃO DE PARTIDA DE MOTORES TRIFÁSICOS

O projeto de uma bancada didática com ênfase em partida direta e planejamento envolve a criação de um dispositivo que demonstre o processo de partida direta de um motor elétrico, além de abordar os conceitos relacionados a esse tipo de sistema.

O projeto visa aprimorar o aprendizado dos alunos e melhorar o ensinamento dos professores do referido assunto de maneira didática, onde será mostrado todo o circuito que a energia elétrica percorrerá e mostrar o funcionamento e comportamento dos componentes (disjuntores, contadores, reles, motor), tudo isso ainda com algumas legendas e referências de diagramas multifilares detalhando as ligações.

As plantas didáticas utilizadas como elemento norteador foram do site da WEG das bancadas didáticas que eles produzem, e do Trabalho de conclusão de curso Técnico em Eletrotécnica da ETEC Jorge Street.

Figura 15. Bancada didática da ETEC Jorge Street



Fonte: TCC eletrotécnica da ETEC Jorge Street

Figura 15.1. Bancada didática da WEG



Fonte: (WEG, 2016).

Observação importante, os ajustes, montagens e desmontagens (que deve ser feito sempre desenergizado com a tomada fora da rede) do projeto não é para pessoas que não tem conhecimento no assunto eletricidade, sendo de exclusividade apenas para professores e alunos da área elétrica, porém qualquer pessoa pode apenas observar.

### 3.2 ENTREVISTAS COM OS PROFISSIONAIS DA ÁREA

Entrevista com o profissional da área e professor da ETEC Fernandópolis Henrique Molina Barradas, com formação em engenharia elétrica na Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira em 2016, mestrado em controle e automação de sistema elétricos de potência pelo laboratório de planejamento de sistemas energia elétrica da FEIS UNESP em 2018, no ano de 2022 terminou o doutorado pelo mesmo laboratório e instituição e em 2020 pedagogia pelo instituto de ensino superior Elvira Dayrell.

Atuação profissional: professor contratado ETEC de Jales no curso de máquinas pesadas ano de 2022 e professor efetivo ETEC de Fernandópolis no curso de ELETROTÉCNICA no de 2023.

Desde 2022 Empreendedor em: energia fotovoltaico, consultoria elétrica, controle e automação industrial/rural, projetista elétrico, assistência técnica na parte elétrica em geral.

Foi realizado a entrevista com o assunto sobre partida direta em motores e comandos.

1. De acordo com seu conhecimento, pode explicar as diferenças entre circuito de comando elétrico e circuito de carga elétrica?

R: Circuito de comando: circuito elétrico constituído de componentes elétricos e eletrônicos que permitem acionar o motor. Circuito de carga ou força: circuito elétrico que alimenta o motor. Pode colocar os equipamentos envolvidos nos dois circuitos.

2. Quais são os desafios mais comuns que você enfrenta ao lidar com comandos elétricos em sua área de trabalho?

R: Falta de diagrama elétricos impressos que contém os circuitos e ligações.

3. Com sua experiência o que é uma partida direta em motores trifásicos e em que situações ela é geralmente usada?

R: Partida direta é quando o motor é acionado por um dispositivo em uma etapa, usado para motores de no máximo 3 CV, se não me engano.

4. Na sua opinião quais as vantagens e desvantagens de usar a partida direta em comparação com outros métodos de partida?

R: Vantagens: valor menor envolvido. Desvantagem: não consegue controlar a rotação de funcionamento.

Não podemos, na teoria, ligar motores de alta potência com partida direta, então essa comparação é feita para motores abaixo de 3 cv, comparando uma partida direta com partida com inversor por exemplo ou até soft.

Quando precisar controlar a aceleração ou outro parâmetro no motor o mais indicado é partidas com equipamentos eletrônicos.

5. Como você explicaria o processo passo a passo de como uma partida direta funciona em um motor trifásico?

R: A partida direta funciona da seguinte forma: os cabos de alimentação, rede, são conectados nos cabos de entrada do motor. O equipamento mais importante que deve ser instalado é o disjuntor, em seguida o relé térmico ou substituir os dois por um disjuntor térmico. Se for necessário fazer automação é necessário colocar um contator, o contator deve ser usado a jusante do disjuntor/ disjuntor motor e quando usar o relé térmico, este deve ser colocado a jusante da contator.

6. Como você determina o tamanho adequado dos componentes de uma partida direta, como disjuntores, contadores e sobrecargas?

R: Observando a corrente nominal do motor e após isso, usando tabelas de fornecedores pode se determinar os componentes envolvidos.

Na prática o disjuntor eu coloco com corrente nominal de 20 a 50% da corrente nominal. O contator vai depender da marca dele. O relé térmico considero 10 a 20%.

7. Quais são as considerações de projeto importantes ao implementar um sistema de partida direta?

R: Primeiro a potência e a corrente nominal do motor e depois os demais componentes.

Entrevista com o profissional de área elétrica Caio Freitas de Souza, técnico em eletrônica formado pelo Instituto Educacional de Jales, com mais de 15 anos de experiência na profissão:

1. Até quantas partidas diretas o motor trifásico é recomendado?

R: Até 4 partidas por hora, em intervalos de 15 minutos, para evitar aquecimento no bobinado do motor.

2. Qual a função do relé falta de fase?

R: Ele é um tipo de guardião do motor, monitorando a qualidade da rede elétrica, caso perceba uma anormalidade como por exemplo falta de fase ou a popular meia fase deve atuar desligando e impedindo o acionamento do circuito de comando protegendo o equipamento.

3. Qual a função do relé térmico?

R: Proteger o motor de corrente elétrica superiores do suportado, evitando a queima dele.

4. Qual a função do contator em quadro de comando?

R: Realizar o ligamento e desligamento da carga.

5. Quais a diferença de disjuntor e relé térmico?

R: O disjuntor atua por curto-circuito, desligando o circuito de carga, enquanto o relé térmico atua por sobre corrente desligando apenas o circuito de comando, desenergizando o equipamento, ele não atua por curto-circuito.

## 4. DESENVOLVIMENTO

### 4.1. DESENVOLVIMENTO DA PLANTA DIDÁTICA

O planejamento para o desenvolvimento da planta didática foi feito com base na pesquisa bibliográfica e nas entrevistas realizadas com profissionais da área. Foi utilizado uma bancada vazia fornecida pela ETEC Prof. Armando José Farinazzo para realizar nosso trabalho de conclusão de curso.

A bancada é específica para simulações com motores e inversores, ela conta com suporte para fixar o motor e dois compartimentos superiores para guardar componentes e quaisquer outros que sejam nela utilizados.

O processo de montagem da bancada foi feito todo na oficina da escola.

Figura 16. Bancada vazia da ETEC Fernandópolis



Fonte: (Dos próprios autores, 2023)

Primeiro passo foi fazer a adaptação do suporte da bancada para comportar o motor de forma específica. Com as medidas do motor, foi recortado uma chapa de ferro com as devidas furações para encaixe do motor, após o recorte foi concretizado a solda da chapa na peça de suporte, realizado a pintura na cor preto fosco e parafusado de volta a bancada, mostrado na figura abaixo.

Figura 16.1. Suporte de fixação do motor

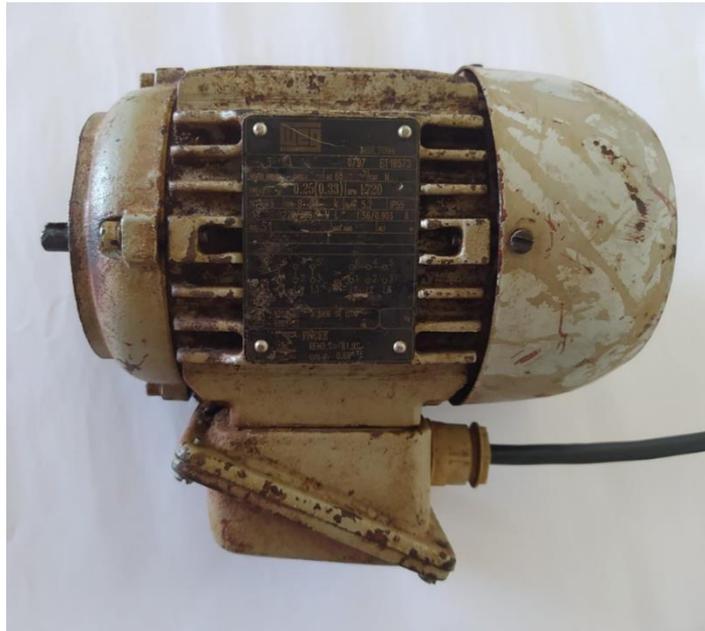


Fonte: (Dos próprios autores, 2023)

O motor trifásico de 0,33cv será usado para testes, como teste nos enrolamentos do motor, simulações de partidas e comandos e até mesmo para desmontagem e montagem completa, facilitando a compreensão dos tipos de manutenção dado em motores elétricos

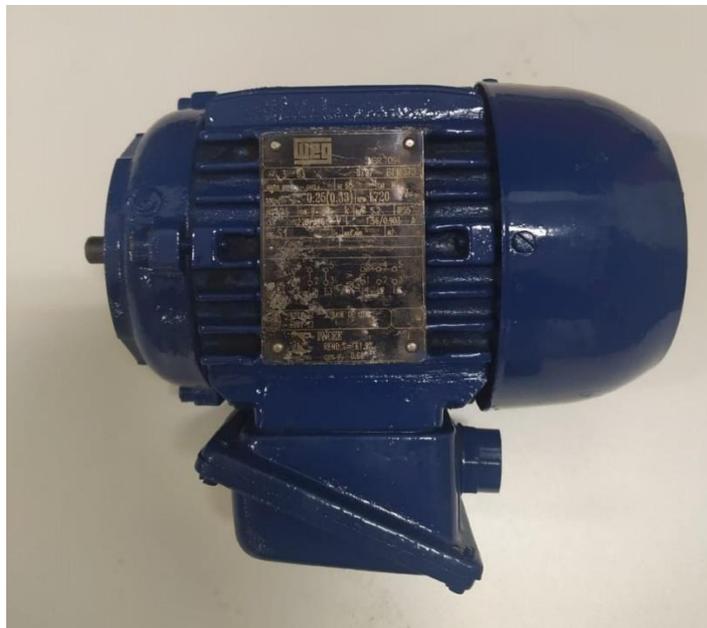
No motor, que estava com a pintura riscada e desgastada, suja e um pouco enferrujada, foi feita uma nova pintura na cor azul, como nas figuras abaixo.

Figura 16.2. Motor com pintura original



Fonte: (Dos próprios autores, 2023).

Figura 16.3. Motor com pintura nova azul

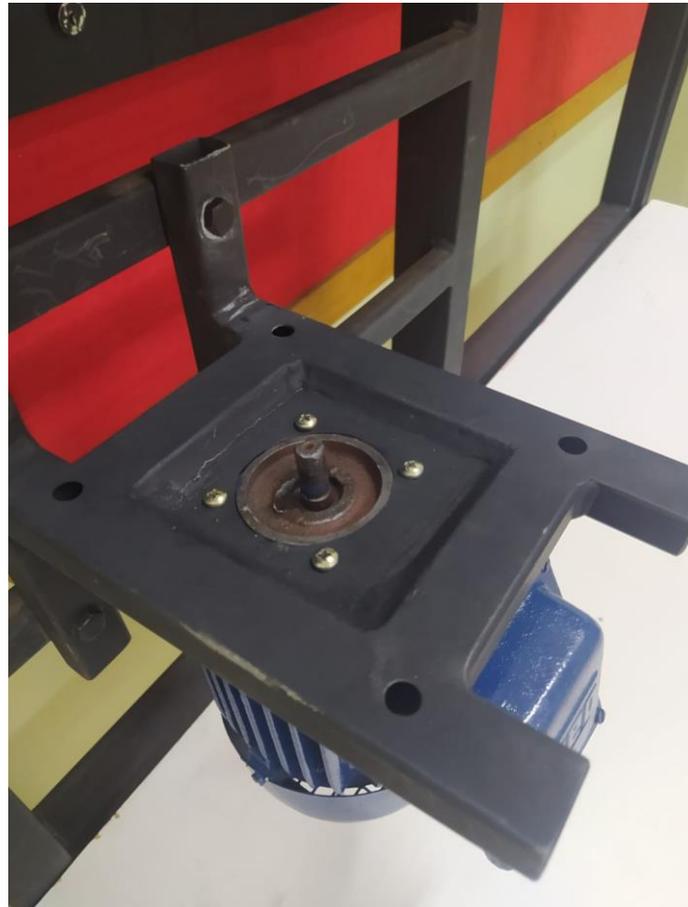


Fonte: (Dos próprios autores, 2023).

Com o suporte pronto e parafusado na bancada, foi encaixado e fixado o motor, de maneira a ficar com o eixo amostra para cima e disposto de modo a deixar

com fácil acesso a tampa de ligação dos fios dos enrolamentos, vale destacar que o modelo e furações do suporte também comporta motores maiores de até 3 cv.

Figura 16.4. Suporte com o motor fixado



Fonte: (Dos próprios autores, 2023).

Na parte lateral esquerda e direita da bancada, foi fixado com parafusos brocantes 8mm, placas de madeira MDF com 6mm de espessura, na placa lateral direita foi parafusado os trilhos DIN. A placa lateral esquerda e os trilhos DIN vão servir para a montagem da parte do circuito de força e circuito de comando da bancada didática.

A parte da mesa de reparos, montagem e desmontagem de componentes da bancada, é feita de madeira MDF com espessura de 20mm, também foi parafusada com brocantes 8mm.

Figura 16.5. Indicando com setas pretas, são os parafusos brocantes 8mm, e indicado com setas azuis são os trilhos DIN

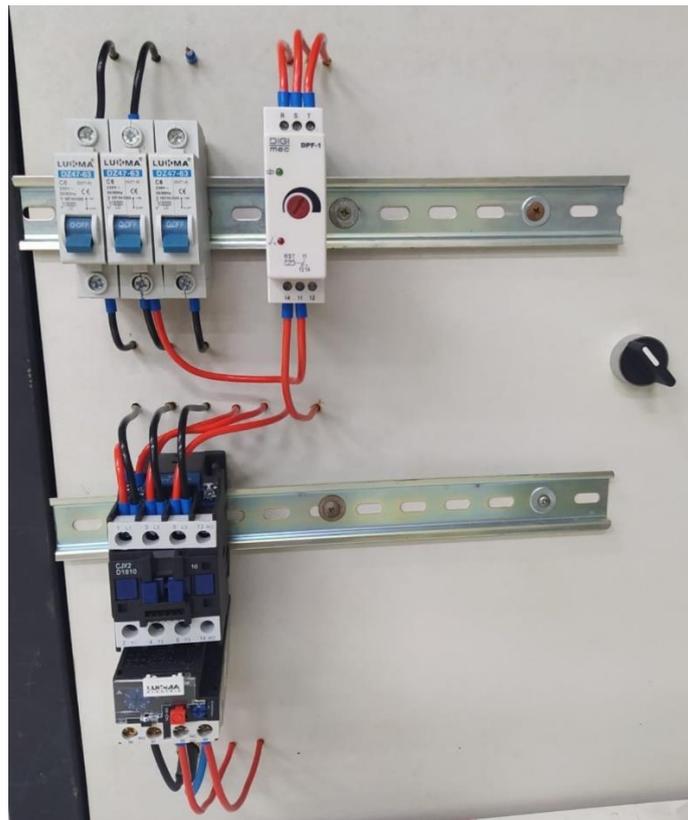


Fonte: (Dos próprios autores, 2023).

Nos trilhos DIN foram devidamente encaixados e posicionados os componentes do circuito de força e circuito de comando, que são os disjuntores, contator, relé térmico e relé falta fase. Foi feito alguns furos na placa de MDF para que seja possível passar os cabos de energia e para fixar corretamente a chave seletora 3 posições.

No conjunto de força, foi-se usado 3 disjuntores unipolares de 6A, optamos por unipolares para simular a falta de fase na rede elétrica, em seguida, uma contatora, usada para comutar de acordo com o comando dado pelo relé falta fase, pela botoeira 3 vias, pela chave bóia ou pelo relé térmico.

Figura 16.6. Dispositivos no trilho DIN

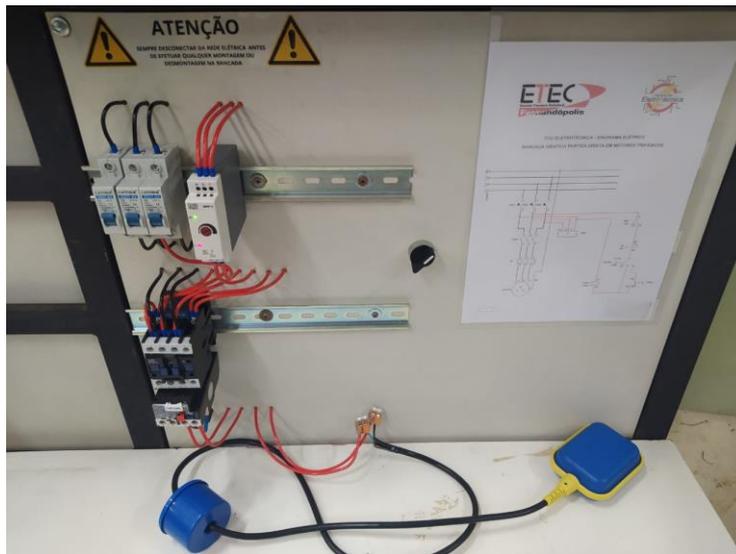


Fonte: (Dos próprios autores, 2023).

Com o circuito elétrico pronto, foi por fim instalado a chave boia, que irá atuar como se fosse a parte automática da bancada, ligando ou desligando o motor conforme o nível em que é posicionada a boia.

Ao lado do circuito, foi-se colado uma pasta transparente, para expor qualquer informação adicional ou diagrama elétrico de algum circuito feito na bancada. Especificamente nesse trabalho o diagrama elétrico ao lado é a representatividade de como a ligação foi feita no circuito de forma completa.

Figura 16.7. Circuito completo da bancada com diagrama elétrico



Fonte: (Dos próprios autores, 2023).

Como a placa de identificação do motor está muito riscada e danificada, foi imprimido em papel adesivo uma cópia da placa do motor, de forma fiel e legível, e colado na placa lateral esquerda logo acima do motor.

No compartimento superior direito da bancada foi colado um adesivo com os nomes do TCC e dos alunos, logo da ETEC Fernandópolis, logo do curso técnico em eletrotécnica e os triângulos das grandezas elétricas com as fórmulas para facilitar cálculos básicos.

Figura 16.8. Adesivos das placas de identificação



Fonte: (Dos próprios autores, 2023).

A bancada didática partida direta em motores trifásicos foi finalizada, e é importante ressaltar que a bancada não se limita apenas a partida direta, podendo ser feito diversos tipos de comandos e outras automações, como o relé temporizador, partida estrela-triângulo, controlador lógico programável (CLP), inversor de frequência e entre outros.

Figura 16.9. Bancada didática pronta

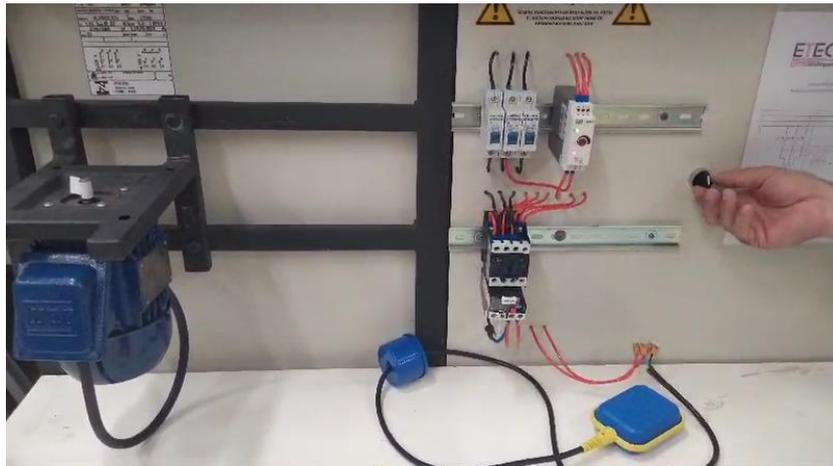


Fonte: (Dos próprios autores, 2023).

## 4.2. FUNCIONAMENTO

A bancada pode ser iniciada a partir da chave seletora 3 posições onde, as opções são: ligada diretamente, desligada e ligada no automático (chave boia).

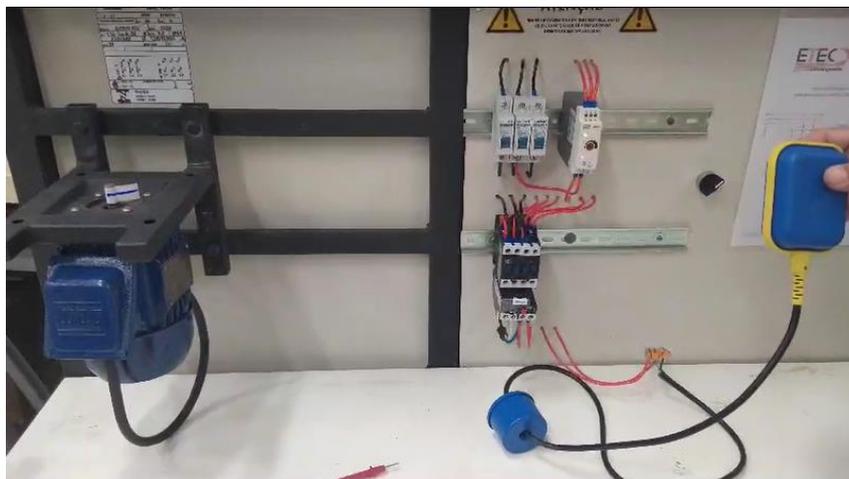
Figura 17. Iniciando a bancada



Fonte: Próprio autor, iniciando a bancada.

Com a chave seletora no modo automático, a chave bóia é quem vai dar o comando para a contatora ligar o circuito de força. A chave boia opera de acordo com o nível que ela está, por exemplo, se estiver voltada para cima irá manter o contator sempre desligada.

Figura 17.1. Chave boia desligada

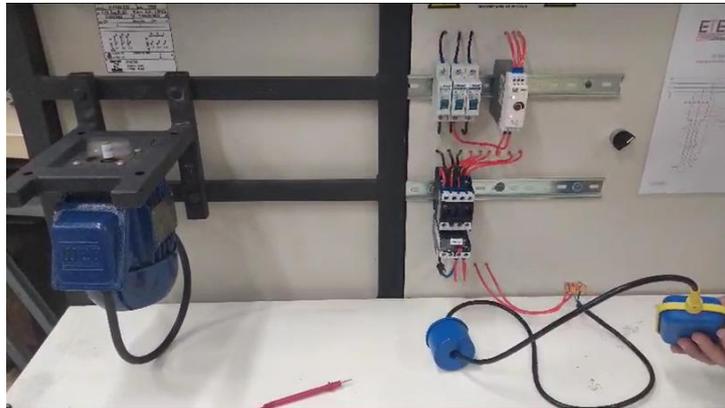


Fonte: (Dos próprios autores, 2023).

A chave boia tem o papel de simular um reservatório de água, onde quando se está cheio de água irá manter a boia para cima, mantendo o motor desligado, conforme vai se esvaziando a água o nível da boia acompanha, até ficar voltada para baixo, comutando a contatora e assim ligando o motor, que simula uma

bomba d'água. Conforme o motor enche o reservatório de água a boia sobe, assim desligando o motor.

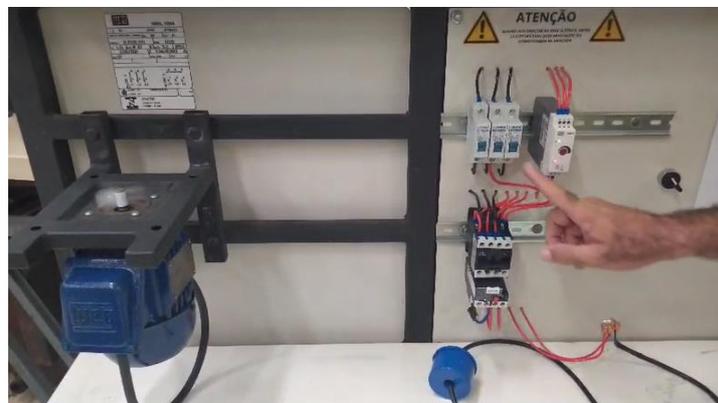
Figura 17.2. Chave boia ligada



Fonte: (Dos próprios autores, 2023).

Os três disjuntores monofásicos de 6A, têm como objetivo proteger o circuito e fazer a simulação da falta de fase na rede elétrica (desligamento de qualquer um dos cabos). Assim sendo, quando se desligado qualquer um dos disjuntores, o relé falta fase irá detectar a falta de uma das fases e atuara no circuito do comando da contatora, desligando o motor e protegendo de uma possível queima de suas bobinas. Do mesmo modo, assim que a fase retornar (ligando o disjuntor), o relé atua fechando o circuito de comando novamente.

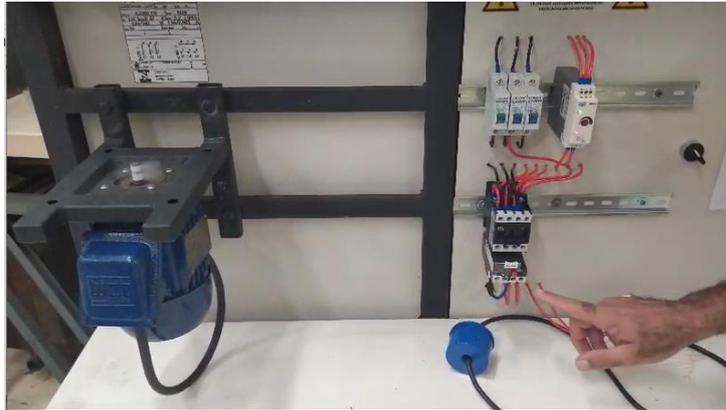
Figura 17.3. Atuação dos disjuntores e relé falta fase



Fonte: (Dos próprios autores, 2023).

Na simulação de proteção térmica, o relé de temperatura atua quando a corrente do motor em funcionamento ultrapassa a corrente setada no relé, desligando o motor imediatamente, protegendo o motor e o circuito.

Figura 17.4. Simulação do relé térmico



Fonte: (Dos próprios autores, 2023).

O motor foi ligado em uma rede trifásica 220V no esquema  $\Delta$ , que na placa de identificação a corrente nominal será de 1.56A, e para realizar a simulação foi-se utilizado um relé térmico de 1 a 1.6A.

### 4.3. EXPERIMENTOS

Foram realizados 3 experimentos na bancada com os seguintes casos:

Caso base, tabela 2, todos os dispositivos foram dimensionados seguindo a norma NBR 5410 que é a norma brasileira que estabelece as condições mínimas necessárias para instalações elétricas de baixa tensão, foi constatado que o circuito de força, o circuito de comando e o motor funcionaram corretamente.

Caso 1, com o desligamento da fase L3 pelo disjuntor, o relé falta de fase detecta a falta de tensão na linha L3 e atua em 3 segundos, desligando o motor. E quando há o religamento da fase L3 o relé atua novamente, acionando o motor.

Caso 2, o motor está ligado com o eixo livre, a corrente mostrada no alicate amperímetro é de 700mA, que fica abaixo da corrente nominal de 1.56A. Então para simular uma sobrecarga na ponta do eixo, foi regulado o relé térmico no seu mínimo que é de 1A, e em aproximadamente 3 minutos com o motor em pleno funcionamento, o relé térmico atua desligando o motor. E após aproximadamente 1 minuto com o motor desligado, o relé térmico retorna a seu estado normal e religa o sistema pois ele está selecionado para retomada automática.

Tabela 2. Experimentos e casos

<b>EXPERIMENTOS</b>				
<b>CASOS</b>	<b>DISPOSITIVOS</b>	<b>TIPO</b>	<b>DISPOSITIVO ATUOU</b>	<b>RESULTADO</b>
Base	Norma	Todos ok	Todos ok	Funcionamento ok
1	Relé falta fase	Falta da fase L3	Sim	Motor funciona por 3 segundos e desliga
2	Relé térmico	Sobrecarga	Sim	Motor funciona por aproximadamente por 3 minutos e desliga

Fonte: (Dos próprios autores, 2023).

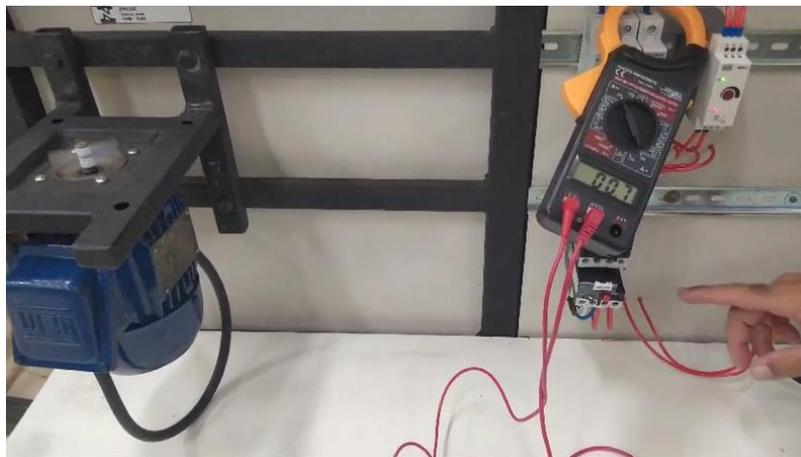
É importante destacar que se utilizou 3 disjuntores monofásicos, para que se possa reproduzir uma eventual falta de fase na rede de energia trifásica, e que em uma instalação dessa, normalmente usa se um disjuntor trifásico ou um disjuntor motor tripolar, porém, se utilizado esses tipos de disjuntores ficaria impossível de representar a falta de fase, pois desligar-se-ia as três fases igualmente, desenergizando todo o circuito logo no começo.

No contexto do relé térmico, foi utilizado um relé com capacidade inferior à corrente nominal do motor. Essa escolha foi motivada pela consideração de que, ao optar por um relé térmico adequado com uma corrente superior a 1.6A, não seria possível simular efetivamente a sobrecarga de corrente no motor. Isso ocorre devido

ao fato de que o eixo do motor gira livremente sem carga, resultando em uma corrente de aproximadamente 700mA, abaixo da nominal.

Ao não se utilizar o relé térmico em um motor trifásico, a proteção contra sobrecargas e condições adversas pode ser comprometida, pois o relé térmico desempenha um papel crucial na segurança do motor e do sistema elétrico, esses dispositivos garantem que os motores elétricos operem dentro de limites seguros. Sua ausência pode resultar em danos ao motor, ineficiência operacional e riscos de segurança, por isso recomenda-se sempre seguir as práticas de segurança e as especificações do fabricante ao operar motores elétricos.

Figura 18. Atuação do relé térmico



Fonte: (Dos próprios autores, 2023).

#### 4.4. CUSTOS E FERRAMENTAS UTILIZADAS

A tabela de custos abaixo, apresenta de forma organizada a quantidade, descrição, valor e fonte de origem (fornecido pela ETEC ou comprado) para cada equipamento utilizado no projeto.

Tabela 3. Custos de todos os materiais utilizados

<b>TABELA DE CUSTOS</b>			
<b>QUANTIDADE</b>	<b>EQUIPAMENTOS UTILIZADOS</b>	<b>VALOR</b>	<b>FORNECIDO PELA ETEC</b>
3	Disjuntores monofásicos de 6A	R\$ 22,77	NÃO
1	Relé térmico de 1 a 1.6A	R\$ 74,74	NÃO
2	Placas de MDF 6mm	R\$ 35,00	NÃO
3	Papéis adesivos	R\$ 25,00	NÃO
1	Motor trifásico de 0,33cv usado	R\$ 200,00	NÃO
30	Terminais ilhós azul 2,5mm	R\$ 10,00	NÃO
1	Contator tripolar	R\$ 60,00	SIM
1	Relé falta fase	R\$ 72,00	SIM
1	Chave seletora 3 posições	R\$ 20,00	SIM
1	Chave boia	R\$ 35,00	SIM
1	Bancada	N/A	SIM
N/A	Fios vermelho e preto 2,5mm	N/A	SIM
<b>TOTAL</b>		R\$ 554,51	

Fonte: (Dos próprios autores, 2023).

#### Ferramentas utilizadas

- Furadeira/Parafusadeira a bateria;
- Broca 5mm;
- Serra copo;
- Chave Philips;
- Chave de fenda;
- Alicates de corte;
- Alicates crimpador;
- Alicates amperímetro;
- Bit magnético 8mm;

#### **4.5. VANTAGENS DA PLANTA DIDÁTICA PARA O ESTUDO DE PARTIDA DIRETA**

A bancada didática proporcionara na prática os conhecimentos teóricos vistos em sala de aula, como a lei de Ohm por exemplo, relacionados as características de motores, oferecendo assim um conhecimento mais amplo dos princípios envolvidos resultando em um feedback imediato e eficaz para os estudantes.

Resolução de problemas, como falta de fase na rede ou situações de falha, ajudam os alunos a desenvolver habilidades práticas em manutenção e operação em sistemas elétricos industriais, onde o conhecimento é muito importante.

Análise de dados, com a ajuda de dispositivos de medição, como o multímetro, mostrara uma visualização realista dos componentes e dispositivos elétricos, seus funcionamentos e de que forma eles operam, isso facilita a compreensão do comportamento do sistema.

Facilita o ensino para os professores, pois simplificam a demonstração dos princípios de partida direta e com alguma variedade de cenários e situações, e com os experimentos realizados na bancada podem ser documentados e repetidos de forma progressiva.

A bancada didática foi feita inicialmente para estudo de partida direta em motores trifásicos, porém é possível integrar vários tipos de dispositivos de comando e partidas como, relés temporizadores, chave boia, inversor de frequência, soft starter, controlador lógico (CLP) e partida estrela – triangulo. Possibilitando assim vários tipos de simulações.

De forma geral, uma bancada didática é a combinação de teoria e prática, o que é fundamental para o aprendizado e execução de sucesso na área elétrica de automação, operação e manutenção.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento da planta didática, guiado por pesquisa bibliográfica representou um marco significativo em nosso Trabalho de Conclusão de Curso. A utilização da bancada fornecida pela ETEC Prof. Armando José Farinazzo possibilitou a criação de um espaço específico para simulações com motores, promovendo a compreensão prática de conceitos teóricos.

O cuidadoso processo de montagem, realizado na oficina da escola, envolveu desde a adaptação do suporte para o motor até a aplicação de uma nova pintura no motor trifásico de 0,33cv. A estrutura da bancada, composta por trilhos DIN, placas de madeira MDF e compartimentos para componentes, foi projetada para oferecer versatilidade e facilitar a realização de diversos experimentos.

A inclusão de dispositivos como disjuntores, contator, relé térmico e relé falta fase no circuito de força e comando ampliou as possibilidades de simulações, proporcionando uma experiência abrangente. A implementação da chave boia como um elemento automático, simulando o controle de um reservatório de água e adicionando complexidade aos experimentos.

Os resultados dos casos de estudo demonstraram a eficácia da bancada, evidenciando seu papel crucial no ensino prático de partida direta em motores trifásicos. Além disso, a versatilidade da bancada permite a integração de diversos dispositivos de comando, ampliando as oportunidades de aprendizado.

A bancada didática não apenas atende às necessidades específicas do estudo de partida direta, mas também se destaca como uma ferramenta valiosa para a exploração de outros tipos de cenários e automações. Ao unir teoria e prática de forma tangível, ela proporciona um ambiente de aprendizado enriquecedor para estudantes, facilitando a compreensão dos princípios elétricos e promovendo o desenvolvimento de habilidades práticas essenciais para o campo da automação elétrica.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES. C, Ademir et al. **Bancada Didática para Fechamento de Motores Trifásicos**. TCC técnico em eletrotécnica da ETEC Jorge Street. 19 p. Disponível em: <<https://www.jorgestreet.com.br/wp-content/uploads/2020/03/monografia-4EN.pdf>>. Acessado em: set. 2023

Desterro eletricidade, **conheça 10 condutores e 10 isolantes elétricos**, 2021. Disponível em: <<https://www.desterroeletricidade.com.br/blog/eletrica/conheca-10-condutores-e-10-isolantes-eletricos/>>. Acessado em nov. 2023

FILHO. F, Guilherme & DIAS. A, Rubens. **Comandos Elétricos; Componentes discretos, Elementos de manobra e aplicações**. 1.ed. São Paulo: Editora Érica Ltda, 2014. Disponível em: <[https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=dYdiDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP5&dq=conceitos+de+comandos+el%C3%A9tricos&ots=lbiU2KXgUt&sig=gpXiGmZCNgLsJq6s5PJwMc2WKJ4&redir\\_esc=y#v=onepage&q=conceitos%20de%20comandos%20el%C3%A9tricos&f=false](https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=dYdiDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP5&dq=conceitos+de+comandos+el%C3%A9tricos&ots=lbiU2KXgUt&sig=gpXiGmZCNgLsJq6s5PJwMc2WKJ4&redir_esc=y#v=onepage&q=conceitos%20de%20comandos%20el%C3%A9tricos&f=false)> . Acessado em: jun. 2023.

FOXLUX. **Funções e características importantes do Disjuntor Termomagnético**. Fev/2016. Disponível em: <<https://www.foxlux.com.br/blog/foxlux-2/funcoes-e-caracteristicas-do-disjuntor-termomagnetico/>>. Acessado em set. 2023

FRANCHI.M, Claiton. **Acionamentos elétricos**. 4.ed. São Paulo: Editora Érica Ltda, 2008. 250 p. Disponível em: <<https://vdocuments.net/acionamentos-eletricos-franchi.html?page=1>>. Acessado em: ago. 2023.

LUKMA comercio de eletroeletrônicos importação e exportação LTDA. **Catálogo técnico de produtos**. São Jose do rio Preto/SP. 07/2022. Disponível em: <<https://lukma.com.br/wp-content/uploads/2022/08/catalogotecnico.pdf>>. Acessado em nov. 2023

MAR-GIRIUS CONTINENTAL I.C.E LTDA, **Manual chave de nível tipo boia.pdf**. Disponível em: <<https://www.margirius.com.br/download/download-manual-chave-de-nivel-tipo-boia/?wpdmdl=6877&refresh=654e3640ac1711699624512>>. Acessado em: nov. 2023

MAMEDE. F, João. **Instalações elétricas industriais**. 9. Ed. Rio de Janeiro: LTC — Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda, 2017.

MATTEDE, Henrique. **Diferentes níveis de tensão**. Mundo da elétrica. 2014/2023 Disponível em: <<https://www.mundodaeletrica.com.br/diferentes-niveis-de-tensao-quais-sao/>>. Acessado em: 25 jun. 2023

MCEIG – Painéis e quadros elétricos, **QUADRO DE COMANDO MONTADO**. Disponível em: <<https://www.mceig.com.br/quadro-de-comando-montado/>>. Acessado em: nov. 2023

MEDEIROS. P. Francisco. **Eletricista: instalação, operação e manutenção de motores elétricos**. Curitiba: SENAR-PR., 2016. Disponível em: <[https://www.sistemafeap.org.br/wp-content/uploads/2021/11/PR.0325-Eletricista-Instalacao\\_web.pdf](https://www.sistemafeap.org.br/wp-content/uploads/2021/11/PR.0325-Eletricista-Instalacao_web.pdf)>. Acessado em: nov. 2023

MORAES, Everton. **Curva de disjuntores: As principais características**. Sala da elétrica. Jul/2017. Disponível em: <<https://www.saladaeletrica.com.br/curva-de-disjuntores/>>. Acessado em: set. 2023

MORAES, Everton. **Partida direta de motor trifásico**. Sala da elétrica. Set/2012. Disponível em: <<https://www.saladaeletrica.com.br/partida-direta-de-motor-trifasico/#:~:text=Caracter%C3%ADsticas%20da%20partida%20direta&text=Conjugado%20nominal%20na%20partida%3B,Custo%20elevado%20de%20manuten%C3%A7%C3%A3o>> . Acessado em: 07 jun. 2023

NASCIMENTO. C, Geraldo. **Comandos elétricos: teoria e atividades**. 1. Ed. 5. Reimpressão. São Paulo: Editora Érica Ltda, 2013. 228 p.

NBR 5410/2004. **Instalações elétricas de baixa tensão**. ABNT Associação brasileira de normas técnicas. Rio de Janeiro: RJ versão corrigida 17/03/2008. 134 p. Disponível em: <[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5810747/mod\\_resource/content/1/NBR5410%20-%20Instala%C3%A7%C3%B5es%20el%C3%A9tricas%20de%20baixa%20tens%C3%A3o.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5810747/mod_resource/content/1/NBR5410%20-%20Instala%C3%A7%C3%B5es%20el%C3%A9tricas%20de%20baixa%20tens%C3%A3o.pdf)> . Acessado em nov. 2023.

PINA.P, Ricardo. **Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária de Distribuição a Edificações Individuais**. Dispositivos de partida para motores trifásicos, Tabela 14. Rev.: 02. Neoenergia. Fev/2022, p. 57. Disponível em: <<https://www.neoenergiaelektro.com.br/Media/Default/normas-tecnicas/DIS-NOR-030%20-%20REV%2001%20-%20Fornecimento%20de%20Energia%20El%C3%A9trica%20em%20Tens%C3%A3o%20Secund%C3%A1ria%20de%20Distribui%C3%A7%C3%A3o%20a%20Edifica%C3%A7%C3%B5es%20Individuais.pdf>> . Acessado em: 25 jun. 2023

SANTOS, Guilherme. **Relé Térmico**, automação industrial. 06/04/2022. Disponível em: <<https://www.automacaoindustrial.info/rele-termico/>>. Acessado em: ago. 2023

SEGUNDO.R. K, Alan & RODRIGUES.C. L, Cristiano. **Eletrônica de Potência e Acionamentos Elétricos**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais. IFMG, Ouro Preto: MG. 2015. 129 p. Disponível em: <<https://www.ifmg.edu.br/ceadop3/apostilas/eletronica-de-potencia-e-acionamentos-eletricos/view>>. Acessado em: out. 2023.

SEIXAS. M. J, Falcondes & FERNANDES. C, Rodolfo. **Máquinas elétricas II**. 3.ed. FEIS UNESP, Ilha Solteira: SP. 2016. 79 p. Disponível em: <<https://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariaeletrica/maquinas-eletricas--ii---3a-ed---2016.pdf>>. Acessado em: set. 2023

SENAI. **Comandos elétricos**. Série eletroeletrônica. Brasília – DF, SENAI: Departamento nacional, 2013. 396 p

SOUTO.A, Wesley. **Eletromecânica – Comandos elétricos**, compilado 1. CEFET – BA. 03/2004. Disponível em: <[http://www.portaldoeletrodomestico.com.br/cursos/eletricidade\\_eletronica/automacao/curso\\_tecnico\\_eletromecanica.pdf](http://www.portaldoeletrodomestico.com.br/cursos/eletricidade_eletronica/automacao/curso_tecnico_eletromecanica.pdf)>. Acessado em: set. 2023

SOUZA. S. Neemias. **Apostila de acionamentos elétricos**. Curso de eletrotécnica, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnológica do Rio Grande do Norte, Campus-Central. 2009 Disponível em: <<https://docente.ifrn.edu.br/heliopinheiro/Disciplinas/maquinas-e-acionamentos-eletricos-ii/apostila-basica>>. Acessado em out. 023

WEG. **Bancada Didática**, Rev: 04. Jaraguá do Sul: SC, 2016, 7 p. Disponível em: <<https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h22/hdb/WEG-bancada-didatica-BDMW-50023199-catalogo-pt.pdf>> . Acessado em: jul. 2023

WEG. **CWB – Contatores**, Rev: 20. Jaraguá do Sul: SC, 2023. Disponível em: <<https://static.weg.net/medias/downloadcenter/hb6/h0a/WEG-contatores-CWB-50042424-pt.pdf>>. Acessado em: set. 2023

WEG. **Guia de especificação motores elétricos**, Rev: 26. Jaraguá do Sul: SC, 2023. 67 p. Disponível em: <<https://static2.weg.net/medias/downloadcenter/h32/hc5/WEG-motores-eletricos-guia-de-especificacao-50032749-brochure-portuguese-web.pdf>> . Acessado em: jul. 2023