

ESTUDO E CONTRIBUIÇÃO AO PROCESSO DE MONTAGEM DE PAINÉIS ELÉTRICOS

Willian Gustavo Xavier*, Ivan Paulo Canal**

Instituto Federal Farroupilha Campus Panambi, Panambi – RS, Brasil

*Aluno do curso STAI **Docente do curso STAI

e-mail: willian.2018303648@aluno.iffar.edu.br

Resumo – Os painéis elétricos são fundamentais para a distribuição, proteção e controle da energia elétrica, garantindo segurança e eficiência nas instalações. Este trabalho apresenta os principais tipos de painéis elétricos, distribuição, comando e controle, centro de controle de motores, medição e controle e automação, além dos componentes utilizados em sua automação e das normas técnicas aplicáveis. O objetivo é reunir e sintetizar informações técnicas que contribuam para o aprimoramento do processo de montagem de painéis elétricos, promovendo maior confiabilidade, segurança e qualidade nas instalações.

Este artigo tem a finalidade de atingir os seguintes objetivos: apresentar os tipos de painéis citados, citar os principais componentes usados na automação e apresentar uma contribuição no processo de montagem de painéis elétricos, através da condensação de normas e orientações técnicas.

Palavras-Chave – Automação, Dispositivos Elétricos, Montagem de Paineis Elétricos, Normas Técnicas de Quadros Elétricos e Painéis elétricos.

STUDY AND CONTRIBUTION TO THE ASSEMBLY PROCESS OF ELECTRICAL PANELS

Abstract – Electrical panels are fundamental for the distribution, protection, and control of electrical energy, ensuring safety and efficiency in installations. This work presents the main types of electrical panels: distribution, command and control, motor control center, measurement and control, and automation, as well as the components used in their automation and the applicable technical standards. The objective is to gather and synthesize technical information that contributes to improving the assembly process of electrical panels, promoting greater reliability, safety, and quality in installations.

This article aims to achieve the following objectives: present the types of panels mentioned, list the main components used in automation, and offer a contribution to the electrical panel assembly process by consolidating standards and technical guidelines.

Keywords – Automation, Electrical Devices, Electrical Panel Assembly, Technical Standards for Electrical Cabinets and Panels.

NOMENCLATURA

CLP - Controlador Lógico Programável.
CCM - Centro de Controle de Motores
EPIs - Equipamento de proteção individual.
EPCs - Equipamento de proteção coletiva.
TCs - Transformador de Corrente.
DR - Dispositivo Diferencial Residual.
SCADA - Supervisory Control and Data Acquisition (Sistema de Supervisão e Controle e Aquisição de Dados).
IHM - Interface Homem Máquina.
IP - Índice de Proteção

I. INTRODUÇÃO

Os painéis elétricos são essenciais nos sistemas de distribuição e controle de energia, atuando na proteção, comando e distribuição elétrica de forma segura e eficiente. O aprimoramento do processo de montagem é fundamental, pois garante segurança operacional, confiabilidade e eficiência, reduzindo falhas e riscos em instalações industriais, comerciais e residenciais.

A história dos painéis elétricos surgiu com a expansão dos sistemas de geração e distribuição de energia elétrica, evoluindo de estruturas simples para equipamentos capazes de realizar funções de distribuição, proteção, comando, controle e automação. Com o avanço tecnológico, passaram a incorporar componentes como disjuntores, contadores, relés de proteção, CLPs e inversores de frequência, aumentando a segurança e a eficiência dos sistemas elétricos. Atualmente, seu projeto é regulamentado por normas como a ABNT NBR IEC 61439, a ABNT NBR 5410 e a ABNT NBR IEC 60204-1, que garantem segurança, confiabilidade e padronização. Além disso, com a Indústria 4.0, os painéis elétricos passaram a integrar tecnologias de monitoramento e comunicação, tornando-se indispensáveis para o controle, a proteção e a distribuição de energia em instalações industriais, comerciais e prediais.

Neste trabalho serão apresentados os seguintes tipos de painéis elétricos: Painéis de distribuição, Painéis de comando e controle, Painéis de centro de controle de motores, Painéis de medição e controle e Painéis de automação. Através deste trabalho o objetivo é apresentar os tipos de painéis citados, os principais componentes usados para automatização dos mesmos por apresentar as normas técnicas que fundamentam esses painéis.

Os resultados que mediante o desenvolvimento do trabalho são: apresentar os tipos de painéis citados, citar os principais componentes usados na automação e apresentar uma contribuição no processo de montagem de painéis

elétricos, através da condensação de normas e orientações técnicas

II. DESENVOLVIMENTO DO TEMA

Neste tópico serão apresentados os principais tipos de painéis elétricos existentes na área industrial, descrevendo suas principais características, os dispositivos componentes e as suas aplicações, buscando estruturar a temática de maneira organizada e estruturada, como um guia referencial para a montagem de painéis elétricos.

A. Tipos de Painéis Elétricos

1. Painéis de distribuição: Esse é o tipo mais comum de painel, presente em vários tipos de instalações elétricas. Ele é responsável por distribuir a energia elétrica para os diferentes circuitos de uma instalação. Na figura 1 é apresentado um painel elétrico de distribuição.

Dentro dele, estão os disjuntores que protegem cada circuito individualmente. Para uma analogia, podemos entender com um tipo de guarda-roupa da energia, com cada cabide (disjuntor) segurando um circuito diferente [1]. Os componentes principais são: disjuntores, barramentos, fusíveis e dispositivos de proteção diferencial (DR). Dentre as aplicações, destacam-se: instalações residenciais, comerciais e industriais.



Fig. 1. Foto de um painel de distribuição [2].

Conforme a Figura 1. apresentamos um painel com os seguintes componentes: Disjuntores, canaletas e trilhos. Observa-se a organização e disposição dos componentes.

2. Painéis de comando e controle: é um equipamento muito importante para o gerenciamento e a distribuição de energia elétrica em diversos setores industriais. Ele desempenha um papel fundamental na automação de processos, garantindo segurança, eficiência e organização dos sistemas elétricos [3].

Aplicação: fábricas, indústrias, sistemas de geração de energia e automação de equipamentos. Componentes principais: Contatores, relés, temporizadores, botões de comando, e CLPs (Controladores Lógicos Programáveis). Suas aplicações: Linhas de produção, sistemas automatizados e máquinas industriais.

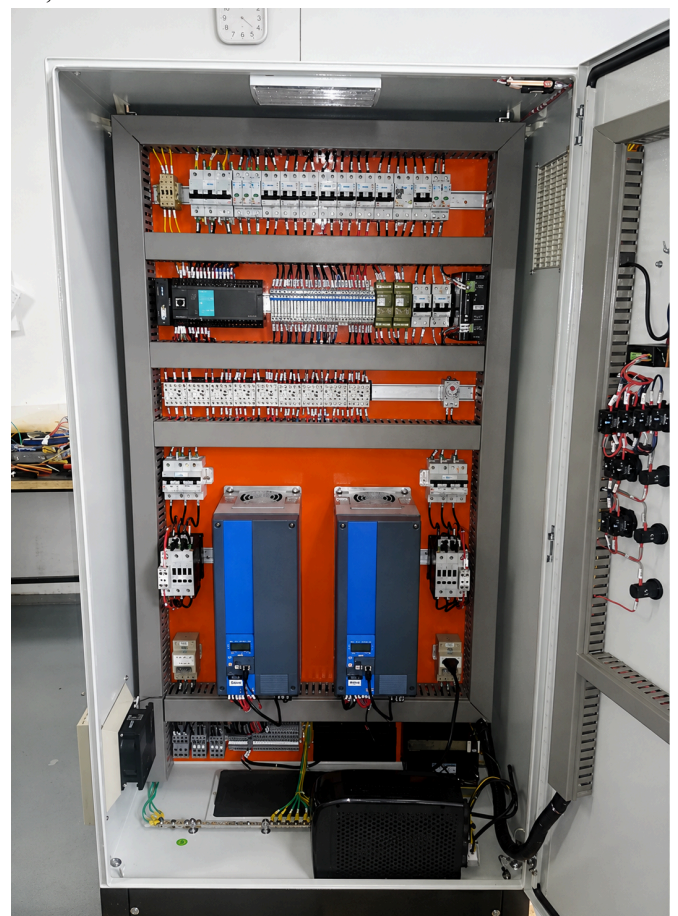


Fig. 2. Foto de um painel de comando e controle [4].

Conforme a Figura 2 vemos disjuntores, clp, contatores, tomadas, botoeiras, sinalizadores (lampadas), protetor de surto, bornes, postes, ventilador para painéis elétricos, tampa para bornes.

O diagrama elétrico desse painel é dividido em dois circuitos: circuito de força e circuito de comando. O circuito de força, tem como função conduzir a energia elétrica necessária para alimentar a carga, geralmente um motor elétrico. Seu funcionamento inicia-se com a rede trifásica, responsável por fornecer energia ao sistema. Em seguida, a

corrente elétrica passa pelo disjuntor, que protege o circuito contra curtos-circuitos e sobrecargas. Posteriormente, a energia é conduzida ao contador, que realiza o acionamento elétrico do motor por meio da energização de sua bobina. Na sequência, o relé térmico monitora a corrente do motor e o protege contra sobrecargas, interrompendo a alimentação caso a corrente ultrapasse o valor previamente ajustado. Por fim, estando todas as condições de operação atendidas, a energia chega ao motor elétrico, que entra em funcionamento.

O circuito de comando é responsável por controlar o funcionamento do circuito de força por meio de dispositivos de baixa potência, permitindo o acionamento, a interrupção e a proteção da carga. Seus principais componentes são o botão parar, normalmente fechado (NF), o botão iniciar, normalmente aberto (NA), o relé térmico, a bobina do contator e o contato auxiliar do contator. O funcionamento inicia-se quando o operador pressiona o botão iniciar, permitindo que a corrente elétrica percorra o circuito e energize a bobina do contator. Com isso, os contatos principais do contator são fechados, alimentando o motor elétrico, enquanto o contato auxiliar realiza o selo elétrico, mantendo o sistema em funcionamento após a liberação do botão iniciar. O desligamento ocorre quando o botão parar é acionado, interrompendo o circuito de comando e desenergizando a bobina do contator. Em caso de sobrecarga, o relé térmico atua automaticamente, abrindo seu contato normalmente fechado e desligando o motor, garantindo a proteção do equipamento e a segurança da instalação elétrica.

3. Centro de controle de motores (CCM): Como o nome sugere, esse painel é específico para controlar motores elétricos. Ele pode incluir dispositivos como inversores de frequência e soft-starters, que ajudam a controlar a partida e a velocidade dos motores, aumentando a eficiência e protegendo os equipamentos. Componentes principais: Partidas diretas, reversoras, estrela-triângulo, inversores de frequência e relés de sobrecarga. Aplicação: Indústrias de manufatura, mineração, saneamento e energia [5].



Fig. 3. Painel centro de controle de motores [6].

Conforme a Figura 3 podemos destacar a relevância dos painéis centro de controle de motores para a indústria visando o controle de motores elétricos. Eles têm a finalidade de realizar o monitoramento para o controle eficiente dos motores nos processos industriais da seguinte forma, comandando todas as partidas, paradas, as respectivas velocidades de operação, protegendo contra curtos circuitos, sobrecargas e de outros problemas elétricos que podem colocar as pessoas em risco. Sabendo disso podemos ver os seguintes componentes: inversores de frequência, soft-starter, relés de sobrecarga, disjuntores, barramento de cobre, contadores, bloco de contato, disjuntor motor e o dispositivo diferencial residual.

4. Painéis de medição e proteção: Esse painel serve para monitorar e proteger a rede elétrica. Sendo assim ele inclui dispositivos que medem o consumo de energia e protegem contra sobrecargas, curto-circuitos e outros problemas que podem afetar a rede. Componentes principais: Medidores digitais, transformadores de corrente (TCs), e sistemas de supervisão (SCADA). Aplicação: Usinas, subestações, e sistemas de gestão de energia [7].



Fig. 4. Foto de um painel de medição e proteção [8].

Conforme a Figura 4, podemos ver painéis de medição e proteção tem a finalidade de certificar que os sistemas elétricos atuem em segurança, em conformidade e que haja o melhor aproveitamento segundo o que foi projetado. Para isso, os painéis controlam toda a distribuição de energia, também protegem contra riscos elétricos que venham a ocorrer, também identificam problemas como curto circuito, sobrecargas e proteção de equipamentos e pessoas. Já no caso da medição a sua função é atestar que haja a qualidade de energia distribuída e o consumo de energia.

5. Painel de automação: Controlar processos automatizados e integrar sensores, atuadores e controladores. Componentes principais: CLPs, módulos de I/O, fontes de alimentação, relés de interface, e comunicação via rede industrial (Modbus, Profibus, Ethernet/IP). Aplicação: Sistemas de automação industrial, predial e agricultura automatizada.

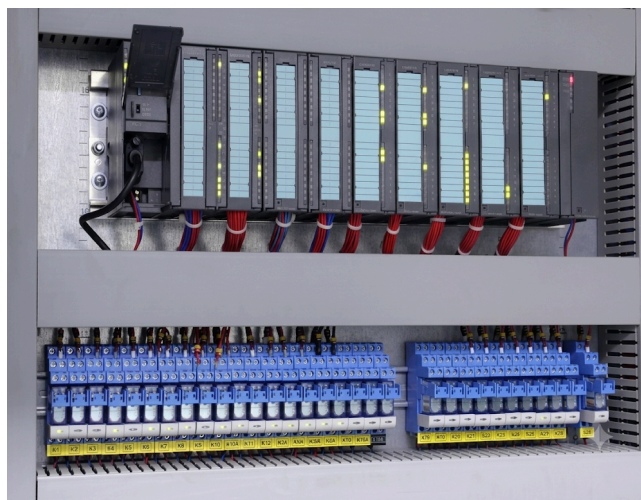


Fig .5. Foto de um painel de automação [9].

Conforme a Figura 5 vemos um painel de automação, temos os seguintes componentes: fontes de alimentação para alimentar as cargas necessárias segundo o projeto, dispositivos de proteção para garantir que o painel atenda segundo a sua necessidade, sendo eles: disjuntores, fusíveis, relés térmicos e dps. Há também a comunicação, ou seja, fazer a integração de sistemas industriais de comunicação visando ter a melhor escolha.

O circuito elétrico de um painel de automação é composto pelos circuitos de força e de comando. O circuito de força alimenta os motores e demais cargas elétricas, enquanto o circuito de comando, controlado pelo Controlador Lógico Programável (CLP), recebe sinais de sensores e dispositivos de campo, processa essas informações conforme a lógica programada e aciona os atuadores necessários. Dessa forma, o painel automatiza o processo, proporcionando maior segurança, confiabilidade e eficiência operacional.

Um exemplo de aplicação dos painéis de automação é o sistema de bombeamento automático de reservatório. O sistema funciona da seguinte forma: os sensores de nível instalados no reservatório monitoram a quantidade de água. Quando o nível atinge o valor mínimo, eles enviam um sinal ao CLP do painel de automação, que interpreta essa informação e aciona um contator, ligando a bomba de água. Em seguida, a bomba permanece em funcionamento até que o nível máximo seja atingido. Nesse momento, o sensor envia um novo sinal ao CLP, que desliga o contator e, consequentemente, a bomba é desligada. Dessa forma, o sistema opera automaticamente, mantendo o reservatório sempre dentro dos níveis adequados, sem necessidade de intervenção manual.

B. Normas referenciais para a montagem de painéis elétricos

Neste item, serão apresentadas as diretrizes para trabalhos com painéis elétricos, estabelecidas através das normas: NBR IEC 61439, NBR 5410, NR 10, ABNT NBR IEC 60204-1. A partir destas, serão apresentadas as informações técnicas necessárias para realizar a montagem de painéis elétricos, seguindo seu dimensionamento de acordo com o projeto elétrico.

1. NBR IEC 61439: Podemos exemplificar um exemplo dessa na construção de um painel elétrico, onde realizamos o planejamento do layout identificando trilhos, canaletas e componentes elétricos capazes de atender a demanda do projeto específico e a escolha do painel adequado para combater a corrosão e haver um aterramento elétrico eficiente.

A norma ABNT NBR IEC 61439 é uma norma brasileira responsável por regulamentar como deve ser feita a fabricação de painéis elétricos de baixa tensão, ela substituiu a IEC 60439, a partir disso foi proposto novos critérios de segurança, desempenho e rastreabilidade. Em relação a aplicação da montagem de painéis elétricos de baixa tensão, podemos entender segundo a norma que cada painel possui uma estrutura específica, segurança para a sua montagem e um projeto específico que atende segundo seu propósito.

Na norma há um conjunto de manobra e comando de baixa tensão que pode ser um painel elétrico que há diversos componentes que tem a função de controlar, proteger e distribuir energia em instalações de até 690V-1000V. Podemos exemplificar esses componentes como dispositivos usados para a proteção, como disjuntores, fusíveis, para o controle podemos usar contadores. Esse conjunto de dispositivos devem passar por ensaios para garantir estar corretos, verificar a sua elevação de temperatura, sua isolamento e a resistência ao curto-circuito.

Podemos perceber mais um aspecto na montagem de painéis elétricos é dever do montador identificar as anilhas, os cabos, os componentes devem seguir o projeto, identificação dos componentes, a padronização das cores de cada circuito e tensão é importante para garantir a execução do projeto.

A norma possui limites estabelecidos de refrigeração para os painéis elétricos, sendo eles: Verificação da elevação da temperatura do painel, Temperatura ambiente de referência, condensação, limite de temperatura dos componentes e a responsabilidade do fabricante visando o controle térmico que é evitar o superaquecimento e a condensação, garantindo maior longevidade para o funcionamento estável dos componentes internos [10].

A norma estabelece que os painéis elétricos de baixa tensão devem ser projetados de forma a garantir o controle térmico durante sua operação, evitando o superaquecimento dos componentes internos e assegurando seu funcionamento seguro e confiável. Para isso, a norma exige a verificação da elevação da temperatura do conjunto, comprovando que, em condições normais de operação, nenhum componente ultrapasse os limites de temperatura especificados pelo fabricante. Como condições de referência, a norma considera uma temperatura ambiente máxima de 40 °C, com média de 35 °C em um período de 24 horas, e pressupõe a operação em ambientes sem ocorrência de condensação. Quando houver risco de formação de umidade ou quando as condições ambientais forem mais severas, devem ser adotadas soluções de controle térmico, como ventilação natural ou forçada, possui resistência à condensação, trocadores de calor ou sistemas de climatização. Dessa forma, cabe ao fabricante do painel dimensionar corretamente o conjunto e selecionar os dispositivos de refrigeração necessários para manter a temperatura interna

dentro dos limites admissíveis, garantindo maior vida útil, estabilidade operacional e segurança dos componentes elétricos.

2. *NBR 5410*: Esta Norma estabelece as condições a que devem satisfazer as instalações elétricas de baixa tensão, a fim de garantir a segurança de pessoas e animais, o funcionamento adequado da instalação e a conservação dos bens [11].

Instrui para garantir que o painel elétrico seja seguro e funcione corretamente, ao definir o dimensionamento adequado dos cabos, estabelecer proteções elétricas (disjuntores, fusíveis, DR), exigir aterramento eficiente, padronizar identificação e organização dos circuitos, separar circuitos de força e comando e garantir proteção contra choques e curtos-circuito. Também há requisitos para a instalação segura de quadros de distribuição e painéis elétricos em instalações de baixa tensão, deve ser instalado em locais de fácil acesso, devidamente identificados e protegidos contra contatos acidentais com partes energizadas. Também exige que todos os componentes e circuitos sejam identificados de forma permanente e em conformidade com o projeto elétrico, além de prever espaço de reserva para futuras ampliações da instalação, ainda recomenda a realização de inspeções periódicas para verificar a integridade da estrutura, do aterramento, o estado dos componentes, das conexões, do aterramento e a existência de sinais de aquecimento ou corrosão, contribuindo para a segurança, confiabilidade e facilidade de manutenção das instalações elétricas de baixa tensão.

3. *NR10*: Serve para garantir a segurança na montagem de painéis elétricos ao exigir: profissionais capacitados, uso de EPIs e EPCs, procedimentos seguros como desenergização, análise de riscos antes das atividades e a documentação técnica atualizada. Esta norma também orienta sobre o procedimento de LOTO (Lockout/Tagout ou Bloqueio e Etiquetagem). O LOTO significa se refere a um conjunto de práticas e procedimentos utilizados em ambientes industriais para controlar fontes de energia perigosa durante a realização de serviços de manutenção, reparo, ajustes ou limpeza em máquinas e equipamentos. Podemos exemplificar as seguintes etapas do sistema LOTO: bloqueio físico (lockout), um método de segurança para isolar dispositivos de energia, como interruptores, válvulas ou disjuntores, colocação de etiquetas (tagout) para avisar que a máquina está em processo de manutenção.

A diretoria regulamenta os requisitos de segurança para as atividades realizadas em painéis elétricos, determinando que esses equipamentos sejam protegidos contra contatos acidentais, devidamente identificados, aterrados e equipados com dispositivos de proteção adequados. A norma também exige que intervenções sejam realizadas somente após a desenergização do circuito e por profissionais qualificados e treinados. Além disso, determina a elaboração do Prontuário das Instalações Elétricas em instalações com carga superior a 75 kW, contribuindo para a segurança, confiabilidade e conformidade das instalações elétricas.

Esta Norma Regulamentadora - NR 10 estabelece os requisitos e condições mínimas objetivando a implementação

de medidas de controle e sistemas preventivos, de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que, direta ou indiretamente, interajam em instalações elétricas e serviços com eletricidade [12].

4. *ABNT NBR IEC 60204-1*: Essa norma é aplicada na montagem de painéis elétricos. Tem como objetivo a segurança dos operadores e técnicos. Para isso podemos exemplificar a utilização de botoeiras, sinalizadores (lâmpadas), lâmpadas de emergência, circuitos de comando e segurança. Permite maior segurança e eficiência na operação das máquinas industriais, também há mais requisitos da norma sendo eles: a parada de emergência, os intertravamentos, a prevenção de partidas inesperadas, esses requisitos a mais servem para evitar e reduzir riscos elétricos. É necessário haver esquemas elétricos esboçando os as identificações dos componentes, como ele deve operar corretamente, sua instalação e manutenção.

Estabelece os requisitos de segurança para os equipamentos elétricos de máquinas, incluindo os painéis de comando e automação. A norma determina que esses painéis sejam projetados para proteger operadores e equipamentos contra choques elétricos, sobrecorrentes e curtos-circuitos, exigindo aterramento adequado, dispositivos de proteção, correta identificação dos componentes, organização da fiação e utilização de dispositivos de seccionamento e parada de emergência. Além disso, orienta que o painel seja compatível com as condições ambientais de operação, contribuindo para a segurança, confiabilidade e facilidade de manutenção do sistema elétrico.

Sua aplicação é destinada a equipamentos, sistemas elétricos, eletrônicos para máquinas que não é possível transportar à mão durante o processo realizado, como um conjunto de máquinas fixas que trabalham de forma estruturada. Podemos exemplificar esses equipamentos segundo a norma como pesados, grandes, que estão fixados no solo de uma fábrica, são aplicados para a eletricidade industrial pesada (alimentação do painel) e não para equipamentos que o operador carrega na mão enquanto a máquina está operando.

Esta parte é uma norma de aplicação para que as máquinas estejam com os cuidados necessários em relação ao seu funcionamento e segurança para que as pessoas possam operá-las [13].

5. ABNT NBR IEC 60529

Essa norma tem o objetivo de regulamentar como deve ser a classificação dos graus de proteção para invólucros dos equipamentos elétricos com tensão nominal não superior a 72,5kV. Segundo a norma é estabelecida algumas definições, sendo elas: graus de proteção fornecidos para a aplicação em invólucros dos equipamentos elétricos, também há necessidade de proteção de pessoas contra as partes perigosas no interior do invólucro, a proteção dos equipamentos em seu interior contra a entrada de "objetos sólidos estranhos" isso significa qualquer material sólido, a entrada de poeira ou qualquer ferramenta que possa entrar em contato com a carcaça de um equipamento elétrico, causando algum dano como curto-circuitos ou choques e proteção contra a entrada de água. É responsabilidade das comissões técnicas

especializadas decidirem através de ensaios para que cada aplicação atenda a sua necessidade, a partir disso os fabricantes de equipamentos elétricos devem se adequar para seguir as normas para a produção de seus produtos [14].

O código IP é composto por dois algarismos, sendo o primeiro referente à proteção contra o acesso a partes perigosas e a entrada de objetos sólidos, variando de 0 (sem proteção) a 6 (totalmente protegido contra poeira), e o segundo relacionado à proteção contra a entrada de água, variando de 0 (sem proteção) a 9 (proteção contra jatos de alta pressão e alta temperatura). Na prática da engenharia, a escolha do grau de proteção IP dos painéis elétricos depende das condições do ambiente de instalação. Painéis utilizados em ambientes internos e protegidos normalmente empregam graus de proteção entre IP20 e IP40, que oferecem proteção básica contra contato acidental e objetos sólidos. Já os painéis de comando, automação e centros de controle de motores (CCM) utilizam, em geral, IP54 ou IP55, proporcionando maior resistência à poeira e aos respingos e jatos de água. Para painéis instalados em ambientes externos ou sujeitos a condições severas, como indústrias alimentícias, químicas, mineração e áreas marítimas, são recomendados graus de proteção IP65, IP66 ou IP67, que garantem vedação contra poeira e elevada proteção contra a entrada de água, assegurando maior confiabilidade e durabilidade dos equipamentos.

6. Grau de IP nos painéis elétricos

Os painéis elétricos possuem um grau de proteção, isso é definido de acordo com a NBR IEC 60529, o objetivo dessa autenticação é a segurança das pessoas e animais em relação ao contato com as partes energizadas e o contato direto de partes vivas de objetos sólidos estranhos ou contra o ingresso de água. O índice de proteção possui algumas características, sendo elas a proteção de equipamentos contra a água em seu interior, proteção de pessoas contra partes energizadas sem qualquer isolamento e o contato direto com partes móveis no interior do invólucro (qualquer item, material ou estrutura que envolve, cobre, reveste e protege algo). Os invólucros são simbolizados por uma sigla chamada “IP”, seguida de dois dígitos, que determinam qual será o grau de proteção para o equipamento elétrico.

C. Técnicas de Montagem de Painéis

Nos parágrafos seguintes, será apresentada a explicação de cada etapa referente às técnicas de montagem de painéis elétricos, as quais são: (Planejamento e projeto, Seleção de Componentes, Preparação de estrutura, Instalação dos componentes, Fiação e conexões, Testes e Verificações e Documentação do painel)

1. Planejamento e projeto: O primeiro passo é o planejamento e projeto do painel elétrico. Isso envolve a definição dos requisitos elétricos, segundo as recomendações das normas discutidas anteriormente e a criação de um esquema elétrico detalhado. O projeto deve incluir a disposição dos componentes, como disjuntores, seccionadoras, contadores e outros dispositivos.

2. Seleção de Componentes: Escolher os componentes apropriados é importante para garantir eficiência e segurança. É importante selecionar componentes que atendam às especificações do projeto e sejam compatíveis entre si. Além disso, a qualidade dos componentes deve ser considerada para evitar falhas futuras.

3. Preparação da estrutura: Antes de iniciar a montagem, a estrutura do painel deve estar devidamente preparada. Isso inclui a limpeza e inspeção da caixa ou gabinete, garantindo que não haja danos ou sujeiras que possam comprometer a integridade do sistema. Deve-se definir os locais onde cada componente será instalado, conforme o esquema do projeto.

4. Instalação dos componentes: Com a estrutura preparada e os componentes selecionados, tem-se uma estrutura para iniciar a instalação. Os componentes devem ser fixados nos locais designados, seguindo o esquema do projeto. É recomendado ferramentas apropriadas e siga as recomendações dos fabricantes para garantir uma montagem segura.

5. Fiação e conexões: A fiação é uma das etapas mais críticas na montagem de painéis elétricos. São recomendados fios de alta qualidade, certificando-se de que sejam dimensionados corretamente para suportar a carga elétrica prevista. É necessário efetuar as conexões seguindo as normas técnicas, garantindo que estejam bem apertadas e livres de qualquer tipo de oxidação.

6. Testes e Verificações: Ao finalizar o painel, documentar todo o processo de montagem, incluindo diagramas atualizados, lista de componentes e qualquer alteração feita durante a montagem. A documentação é essencial para futuras manutenções e para garantir que o painel esteja conforme as normas regulatórias.

7. Documentação de painel: Ao finalizar o painel, documentar todo o processo de montagem, incluindo diagramas atualizados, lista de componentes e qualquer alteração feita durante a montagem.

D. Principais Dispositivos em Painéis Elétricos

Neste tópico, serão discutidas as principais características dos principais dispositivos utilizados em painéis elétricos, sendo eles o inversor de frequência, Soft-starter, Controlador lógico (CLP) e a Interface Homem máquina (IHM).

1. Inversor de frequência: O inversor de frequência é um equipamento eletrônico que pode controlar a velocidade de rotação do motor, providenciando assim uma partida suave [15].

Os inversores são os equipamentos mais empregados para o controle de velocidade de motores elétricos. O princípio para esse controle é através da modulação por largura de pulso, em inglês PWM (Pulse-Width Modulation) [15].

A modulação PWM funciona mediante a ação de um circuito eletrônico que recebe um sinal de controle,

proveniente de um sistema de automação. Após isso, esse sinal é convertido em uma sequência de pulsos de tensão, onde a largura de cada pulso é responsável pela amplitude do sinal de controle. Podemos aplicar isso aos inversores da seguinte forma, através da largura de pulsos é possível controlar a tensão aplicada no motor elétrico e a largura do pulso determina a velocidade que o motor irá desempenhar.



Fig. 7. Foto de um inversor de frequência [16].

2. Soft-starter: Esse mecanismo de partida controla a tensão enviada ao estator do motor através de comando micro-processado. Seu funcionamento se dá pelo ajuste do ângulo de disparo de tiristores que passam a controlar a tensão aplicada no motor.

Em seu correto funcionamento a corrente e o conjugado são controlados de modo a fornecer apenas o necessário para a partida da carga [15].



Fig. 8. Foto do mecanismo de partida Soft-starter [17].

3. Controlador lógico programável CLP): Um controlador lógico programável, ou CLP, é um tipo especial de computador baseado em microprocessador capaz de executar instruções (lógicas, de sequenciamento, temporização, contagem, aritmética, etc.) armazenadas em memória programável a fim de implementar algoritmos de

controle usados para controlar máquinas/processos industriais [18].



Fig. 9. Foto de um clp [19].

4. Interface homem máquina (IHM): IHM (Interface Homem Máquina), ou em inglês, HMI (Human Machine Interface), é um dispositivo usado pelo operador para dar comandos ao CLP e visualizar informações referentes ao processo/máquina sendo controlado pelo mesmo. Por meio de uma IHM o operador pode interagir com o sistema controlado, pois ele pode realizar intervenções que mantenham a segurança, o bom funcionamento e a perfeita operação de serviços. Mesmo nas IHMs mais simples, o operador pode monitorar e comandar a lógica do CLP [18].



Fig. 10. Foto de uma IHM Adaptado de [20].

E. Estudo de caso do dimensionamento de um Painel Elétrico para Partida Direta de Motor Trifásico de 1 CV – 380 VCA

Neste tópico, será apresentado um estudo de caso, contemplando um painel elétrico com uma partida de motor trifásico. Serão apresentados os dados do motor, normas aplicáveis, componentes do painel, dimensionamento dos cabos e informações da estrutura física do painel.

1. Dados do Motor: Na tabela 1, são apresentados os dados de placa do motor avaliado no estudo de caso.

Tabela 1 - Dados de placa do motor avaliado no estudo de caso

Grandeza	Dados do motor
Potência	1 CV (0,736 kW)
Tensão	380 VCA
Frequência	60 Hz
Número de fases	3
Fator de potência(aprox)	0,80%
Rendimento(aprox)	82%
Corrente nominal	2,2 A
Método de partida	Partida direta

2. *Normas Técnicas Aplicáveis no estudo de caso:* ABNT NBR 5410 – Instalações Elétricas de Baixa Tensão: estabelece os critérios para o dimensionamento dos condutores, dispositivos de proteção, aterramento, capacidade de condução de corrente e proteção contra sobrecorrentes e curtos-circuitos. É a principal norma para o projeto da instalação elétrica.

ABNT NBR IEC 61439 – Conjuntos de Manobra e Controle de Baixa Tensão: especifica os requisitos construtivos dos painéis elétricos, incluindo aspectos como resistência mecânica, aquecimento, grau de proteção, isolamento, identificação dos circuitos e ensaios de conformidade.

NR-10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade: estabelece as medidas de segurança para projeto, montagem, operação e manutenção das instalações elétricas, exigindo identificação dos componentes, aterramento, proteção contra contatos acidentais e procedimentos seguros de trabalho.

3. *Componentes do Pannel:* Neste tópico, serão apresentados todos os componentes contemplados neste estudo de caso, descrevendo suas principais características.

3.1 *Disjuntor Geral:* O disjuntor geral é o dispositivo responsável pela proteção do circuito elétrico contra curtos-circuitos e sobrecorrentes, além de permitir o seccionamento da alimentação do pannel para operações de manutenção e segurança. Para o acionamento de um motor trifásico de 1 CV em 380 Vca, recomenda-se a utilização de um disjuntor tripolar, curva C, com tensão nominal de 380 Vca e corrente nominal de 6 A. A corrente nominal do disjuntor deve ser superior à corrente nominal do motor e inferior à capacidade de condução de corrente dos condutores, conforme os critérios estabelecidos pela ABNT NBR 5410.

3.2 *Contator:* Um contator é o componente responsável por realizar a manobra de ligar e desligar o motor elétrico por meio da energização de sua bobina. Para essa aplicação, recomenda-se um contator de categoria de utilização AC-3, adequado ao acionamento de motores de indução, com bobina de 220 Vca ou 380 Vca, conforme a tensão adotada no circuito de comando. Embora o motor apresente corrente nominal de aproximadamente 2,2 A, utiliza-se comercialmente um contator com corrente nominal mínima de 9 A, garantindo maior robustez e vida útil. Entre os modelos disponíveis no mercado destacam-se o Schneider LC1D09, o Siemens 3RT2015 e o WEG CWM09.

3.3 *Relé Térmico:* O relé térmico tem a função de proteger o motor contra sobrecargas, evitando danos decorrentes do aquecimento excessivo provocado por correntes superiores à nominal durante longos períodos. O dispositivo deve possuir faixa de ajuste compatível com a corrente do motor, sendo recomendada a faixa de 1,6 a 2,5 A, com regulagem ajustada para aproximadamente 2,2 A. Em condição de sobrecarga, o relé atua abrindo o contato auxiliar 95–96, interrompendo a alimentação da bobina do contator e desligando automaticamente o motor.

3.4 *Botão Liga:* O botão Liga é um dispositivo de comando utilizado para iniciar o funcionamento do motor. Possui contato normalmente aberto (NA) e, convencionalmente, é identificado pela cor verde. Quando acionado, permite a passagem de corrente para a bobina do contator, promovendo o fechamento dos contatos principais e a alimentação do motor.

3.5 *Botão Desliga:* O botão Desliga é responsável pela interrupção do funcionamento do motor. Possui contato normalmente fechado (NF) e é identificado pela cor vermelha. Ao ser pressionado, interrompe a alimentação da bobina do contator, provocando a abertura dos contatos principais e desligando imediatamente o motor.

3.6 *Contato Auxiliar do Contator:* O contato auxiliar do contator, normalmente identificado pelos terminais 13–14 (NA), é utilizado para realizar a selagem elétrica do circuito de comando. Após o acionamento do botão Liga e a energização da bobina do contator, esse contato fecha, mantendo a alimentação da bobina mesmo após a liberação do botão, permitindo que o motor permaneça em funcionamento até que seja acionado o botão Desliga ou ocorra uma atuação do sistema de proteção.

3.7 *Bornes:* Os bornes de ligação são utilizados para organizar e facilitar as conexões elétricas do pannel, permitindo uma montagem segura e simplificando futuras manutenções. Recomenda-se a utilização de bornes distintos para alimentação da rede elétrica, ligação do motor, circuito de comando e aterramento, garantindo melhor identificação dos circuitos e maior confiabilidade da instalação.

3.8 *Barramento de Terra (PE):* O barramento de terra (PE) é destinado à conexão do sistema de aterramento do pannel elétrico. Deve ser fixado ao gabinete metálico e

interligado à carcaça do motor e aos demais componentes metálicos, proporcionando proteção contra choques elétricos e assegurando o correto funcionamento dos dispositivos de proteção em caso de falhas de isolamento, conforme os requisitos da ABNT NBR 5410.

4. Dimensionamento dos Cabos: O dimensionamento dos condutores do painel elétrico deve atender aos critérios estabelecidos pela ABNT NBR 5410 – Instalações Elétricas de Baixa Tensão. Para o circuito de potência, considerando um motor trifásico de 1 CV com corrente nominal de aproximadamente 2,2 A, recomenda-se a utilização de condutores de cobre com seção nominal mínima de 2,5 mm², isolação para 750V e temperatura de operação de 70 °C, com isolamento em PVC, garantindo capacidade de condução de corrente, resistência mecânica e segurança da instalação. Para o circuito de comando, devido à baixa corrente de operação da bobina do contator e dos dispositivos de comando, podem ser utilizados condutores de cobre com seção nominal de 1,5 mm², também com isolação para 750 V e isolamento em PVC, atendendo aos requisitos normativos para instalações de comando e controle.

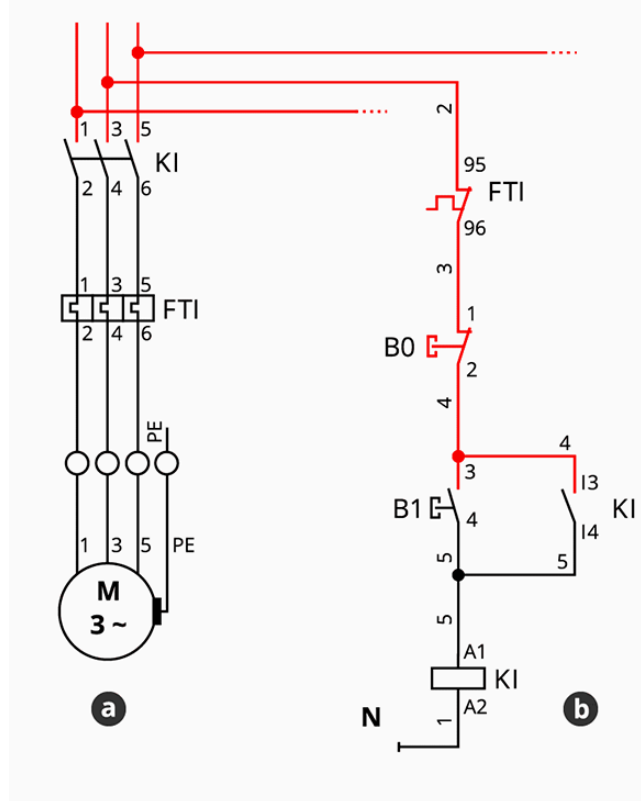


Fig 11. Desenho dos circuitos de força (a) e de comando (b) de uma partida direta [21].

Na Figura 11 o circuito de força é responsável por fornecer energia elétrica ao motor trifásico. Ele é composto pelo disjuntor ou chave seccionadora, contator, relé térmico e motor. Quando a bobina do contator é energizada, seus contatos principais se fecham, permitindo que as três fases da alimentação passem pelo relé térmico e cheguem ao motor, colocando-o em funcionamento. O relé térmico monitora a

corrente do motor e, em caso de sobrecarga, atua para interromper o circuito de comando e proteger o equipamento.

O circuito de comando é responsável pelo acionamento e controle do circuito de força. Seu funcionamento inicia quando o operador pressiona o botão de partida (B1), energizando a bobina do contator. Com isso, os contatos principais são fechados e o contato auxiliar realiza a selagem, mantendo o contator energizado mesmo após a liberação do botão. Para desligar o motor, basta pressionar o botão de parada (B0), que interrompe a alimentação da bobina e abre os contatos do contator. Em caso de sobrecarga, o relé térmico abre seu contato auxiliar (95-96), desenergiza a bobina do contator e desliga automaticamente o motor, garantindo sua proteção.

5. Informações da estrutura física do Painel: Para um painel de partida direta, os componentes elétricos normalmente ocupam pouco espaço, permitindo a utilização de um gabinete compacto. Uma dimensão adequada para esse tipo de aplicação é de aproximadamente 300 mm de altura, 250 mm de largura e 150 mm de profundidade, proporcionando espaço suficiente para a instalação dos dispositivos, organização dos cabos, ventilação adequada, facilidade de manutenção e possibilidade de futuras ampliações. Recomenda-se a utilização de um gabinete fabricado em chapa de aço carbono de 1,2 mm de espessura, com pintura eletrostática, devido à sua resistência mecânica, durabilidade e proteção contra corrosão. Além disso, a escolha do Índice de Proteção (IP) deve considerar as condições do ambiente de instalação, conforme a ABNT NBR IEC 60529. Para ambientes limpos e secos, recomenda-se o grau de proteção IP54; para ambientes industriais com presença de poeira, IP55; e para instalações externas sujeitas à chuva, IP65. Na maioria das aplicações industriais internas, o IP54 é o mais indicado, pois oferece proteção contra a entrada de poeira em quantidade prejudicial ao funcionamento dos equipamentos e contra respingos de água, garantindo maior segurança e confiabilidade ao painel elétrico.

Nas Figuras 12 e 13 são ilustrados o layout interno e layout externo, respectivamente, do painel referente dimensionamento de um para Partida Direta de Motor Trifásico de 1 CV – 380 VCA

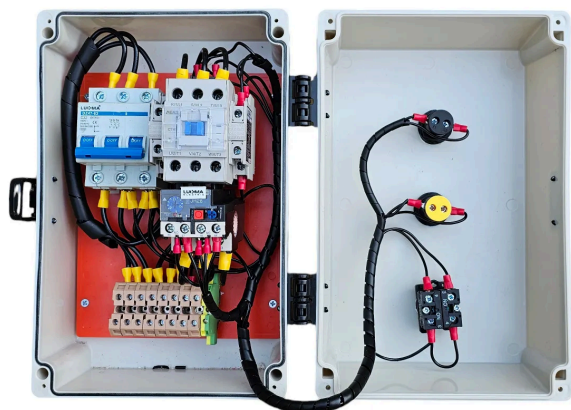


Fig. 12 - Layout interno do painel - Partida direta motor trifásico 380 VCA [22]



Fig. 13 - Layout externo do painel - Partida direta motor trifásico 380 VCA [22]

V. CONCLUSÕES

Ao longo do processo de desenvolvimento do trabalho de conclusão de curso foram abordados diversos assuntos referentes ao tema central do trabalho. Foram apresentados ao longo do desenvolvimento do trabalho os seguintes tipos de painéis elétricos, sendo eles: Painéis de distribuição, Painéis de comando e controle, Painéis de centro de controle de motores e Painéis de automação. Através dessas

informações coletadas dos tipos de painéis elétricos podemos tirar algumas conclusões relacionados ao ramo da eletricidade, onde devemos orientar todos os profissionais na área para realizar o dimensionamento do projeto de forma correta, a montagem elétrica deve estar em conformidade com o seu projeto. Esse conjunto de fatores deve expressar o cumprimento e o funcionamento dos requisitos referentes ao projeto.

O trabalho apresentou os principais componentes utilizados para automatização dos painéis elétricos. Os componentes citados são: Interface homem máquina (IHM), Controlador lógico programável (CLP), Soft Starter e Inversor de frequência, esses dispositivos elétricos possuem uma gama de aplicações em diversas áreas no mercado de trabalho, sendo elas fábricas alimentícias, empresas metal mecânicas, indústria automotiva, setor químico, petroquímico, indústria farmacêutica e setor logístico.

No trabalho foram apresentadas as seguintes normas técnicas que fundamentam o desenvolvimento dos painéis elétricos, sendo elas: NBR IEC 61439, NBR 5410, NR 10, ABNT IEC 60204-1 e ABNT NBR IEC 60529. Essas normas apresentadas no trabalho tem como objetivo de orientar os profissionais como deve ocorrer a construção dos painéis elétricos, como ocorre o planejamento do painel envolvendo os respectivos componentes, também aprendemos que os painéis devem estar em conformidade com a tensão específica, visando a segurança de pessoas e animais. Através disso a instalação deve estar funcionando corretamente e a conservação dos bens.

Foi ensinado durante o trabalho que em serviços para eletricidade devemos garantir a segurança no processo de montagem dos painéis elétricos, diante disso a medida é a capacitação dos profissionais, para isso é utilizado os EPIs e EPCs, análise de riscos antes de realizar as atividades necessárias, procedimentos seguros visando a desenergização da área específica e a documentação técnica que garanta a realização da atividade de forma segura.

Também vemos em painéis elétricos requisitos que devem obedecer visando a segurança de operadores e máquinas. Para isso é usado botoeiras, sinalizadores (lampadas), lampadas de emergência, circuitos de comando e segurança, intertravamento e a prevenção de partidas inesperadas. Todo esse conjunto de fatores visam o bom funcionamento do sistema e a segurança.

Em componentes elétricos usados em painéis elétricos, podemos refletir sobre a sua importância e funcionamento para o sistema. Podemos aplicar o uso do índice de proteção (IP), para garantir que cada equipamento seja classificado de forma correta segundo os invólucros elétricos em cada caso com tensão nominal não superior a 72,5 kV.

REFERÊNCIAS

- [1] Rio Tech, “Painel Elétrico”, 2026. [Online]. Disponível:<https://rio-tech.com.br/blog/quadro-de-distribuicao-o-industrial/>. Acesso em 06/05/26.
- [2] Rio Tech, “quadro-de-distribuição-industrial”, 2026. [Online]. Disponível:<https://rio-tech.com.br/blog/quadro-de-distribuicao-o-industrial/>. Acesso em 30/06/26.
- [3] Jonfra, “Painel de comando e controle”, 2026. [Online]. Disponível:<https://www.jonfra.com.br/painel-de-controle-co-mando>. Acesso em 01/07/26.
- [4] Kaplan Energy “painel-de-controle-de-motores”, 2026. [Online]. Disponível:<https://www.kaplan.com.br>. Acesso em 20/05/26.
- [5] Rio Tech, “Painel elétrico centro de controle de motores”, 2026. [Online]. Disponível:<https://rio-tech.com.br/blog/painel-ccm/>. Acesso em 01/07/26.
- [6] Kaplan Energy “painel-de-controle-de-motores”, 2026. [Online]. Disponível:<https://www.kaplan.com.br/painel-de-controle-de-motores>. Acesso em 01/07/26.
- [7] Rio Tech, “Painel Elétrico”, 2026. [Online]. Disponível:<https://rio-tech.com.br/blog/painel-eletrico-saiba-tudo-sobre>. Acesso em 01/07/26.
- [8] Tecniwer Automação Industrial “painéis-de-controle-e-proteção”, 2026. [Online]. Disponível:<https://www.tecniwer.com.br/produto/paineis-de-controle-e-protecao/>. Acesso em 01/07/26.
- [9] RADANI, “painel de automação”, 2026. [Online]. Disponível:<https://www.radani.com.br/painel-automacao>. Acesso em 01/07/26.
- [10] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. fabricação e montagem de painéis e conjuntos elétricos de baixa tensão. ABNT NBR IEC 61439, 2021. Rio de Janeiro : ABNT, 2021
- [11] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Instalações elétricas de baixa tensão. NBR 5410, 2004. Rio de Janeiro : ABNT, 2004
- [12] BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade. NR-10. Brasília: MTE, 2004.
- [13] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Segurança de máquinas - Equipamentos elétricos de máquinas - Parte 1: Requisitos gerais). ABNT NBR IEC 60204-1, 2025. Rio de Janeiro : ABNT, 2025.
- [14] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Graus de proteção providos por invólucros. ABNT NBR IEC 60529, 2017. Rio de Janeiro : ABNT, 2017.
- [15] GOMES, H.P. Sistemas de Bombeamento – Eficiência Energética. 2ª Ed. Editora Universitária – UFPB. João Pessoa- PB. 460p. 2009.
- [16] Eletrishop, “Inversor de frequência”, 2026. [Online]. Disponível:<https://www.eletrishop.com.br/inversores-de-frequencia/inversor-de-frequencia-weg-cfw11-54a-20cv-220v-trifasico?srsId=AfmBOopzd5Md7sPAIYeTDOdl1BbrnFjJmtEWJvpxHBK43woMbeiGC8>. Acesso em 01/07/26.
- [17] Schneider Electric, “Soft-starter o que é e quais suas vantagens”, 2026. [Online]. Disponível:<https://blog.se.com/br/automacao-industrial/2022/12/15/soft-starter-o-que-e-e-quais-suas-vantagens>. Acesso em 01/07/26.
- [18] Silva, Isaac Silva. Projeto de automação de uma caldeira industrial usando CLP, IHM e a linguagem Ladder: estudo de caso em uma fábrica. 2016. Monografia – Universidade Estadual do Maranhão, Maranhão, 2016.
- [19] Comander Automação, “clp em automação industrial”, 2026. [Online]. Disponível:<https://comanderautomacao.com.br/blog/clp-em-automacao-industrial/>. Acesso em 01/07/26.
- [20] Victor Vision, “IHM”, 2026. [Online]. Disponível:<https://victorvision.com.br/blog/ihm/>. Acesso em 01/07/26.
- [21] Instituto MetrÓpole Digital (IMD), “Material Didático – Automação Industrial.”, 2026. [Online]. Disponível:<https://materialpublic.imd.ufrn.br/curso/disciplina/1/58/6/8>. Acesso em 01/07/26.
- [22] Portal da terra, “painel-comando-trifásico-partida direta”, 2026. [Online]. Disponível:<https://www.portaldaterra.com.br/construcao-civil/eletrica/painel-comando-trifasico-partida-direta-7-5cv/>. Acesso em 07/07/26.