



CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA



Universidade Federal
de Campina Grande

Jéssica Ferreira de Matos



Centro de Engenharia
Elétrica e Informática

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
ESTUDO SOBRE APLICAÇÃO DE PAINÉIS ELÉTRICOS PARA ACIONAMENTO DE
SISTEMAS NO COMBATE A INCÊNDIOS



Departamento de
Engenharia Elétrica



Campina Grande
2023

JÉSSICA FERREIRA DE MATOS

ESTUDO SOBRE APLICAÇÃO DE PAINÉIS ELÉTRICOS PARA ACIONAMENTO DE SISTEMAS NO
COMBATE A INCÊNDIOS

*Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Coordenação do Curso de Engenharia Elétrica
da Universidade Federal de Campina Grande
como parte dos requisitos necessários para a
obtenção do grau de Bacharel em Ciências no
Domínio da Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração: Eletrotécnica

Orientador:
Pablo Bezerra Vilar, D. Sc.

Campina Grande, 2023

JÉSSICA FERREIRA DE MATOS

ESTUDO SOBRE APLICAÇÃO DE PAINÉIS ELÉTRICOS PARA ACIONAMENTO DE SISTEMAS NO
COMBATE A INCÊNDIOS

*Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Coordenação do Curso de Engenharia Elétrica
da Universidade Federal de Campina Grande
como parte dos requisitos necessários para a
obtenção do grau de Bacharel em Ciências no
Domínio da Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração: Eletrotécnica

Aprovado em / /

Professor Ronimack Trajano de Souza, D.Sc
Universidade Federal de Campina Grande
Avaliador

Professor Pablo Bezerra Vilar, D. Sc.
Universidade Federal de Campina Grande
Orientador, UFCG

Dedico este trabalho aos meus avós. Recebo o título de primeira neta formada com muita honra e preenchida de amor.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ser meu refúgio, caminho e luz em toda minha vida. Por, em todos os momentos que pensei em fraquejar, Ele me preencher de fé.

Agradeço aos meus pais - Francisco e Girlania, pelo apoio, confiança, amor e incentivo que sempre me dão. Por serem minhas inspirações na vida e motivos de tanta dedicação e perseverança. Sem vocês eu não seria nada.

Ao meu irmão Gabriel, por trazer com o seu nascimento a minha melhor versão. Por me fazer ser mais responsável, entender o verdadeiro significado de amor e com isso me preparar para toda essa trajetória.

Aos meus demais familiares por todo carinho, ensinamentos e todas as motivações que sempre me dão. Carrego seus sobrenomes com muita gratidão e obstinada a ser pelo menos 1% de todas as coisas boas que vocês me proporcionam.

Aos meus amigos de longa data - Carolinne, Filipe, Kaio, Myllena e Segundo que desde a escola estão ao meu lado em absolutamente todos os momentos da vida, suportando todas as dificuldades, principalmente a distância, sempre aconselhando, trazendo leveza, alegria e alguns estresses também. Sem vocês nada seria possível e tampouco me tornaria a pessoa que sou.

A Damião Neto por estar ao meu lado compartilhando as alegrias e tristezas desse fim de graduação, me ajudando a tomar as melhores decisões, mostrando um lado da vida que até então não conhecia com muita sinceridade e tranquilidade, ensinando sobre determinação, responsabilidade e sendo abrigo em todos os momentos.

A Talita Dantas e Amanda Liandrea pela amizade construída e fortalecida ao longo dessa trajetória. Por, mesmo com nossas diferenças, nunca deixarem de me motivar e estarem ao meu lado me preenchendo de amor e força.

Aos demais amigos feitos ao longo da graduação, que tornaram os meus dias mais fáceis repletos de alegria, apoio e crescimento. Seria até injusto tentar citar todos que cruzaram meu caminho ao longo da jornada e que me marcaram para toda a vida, mas fica aqui meu agradecimento por todo acolhimento, inspiração diária, ajuda e luz.

Ao Litro de Luz e IEEE Ramo UFCG por trazerem sentido a minha vida em várias situações, pelas experiências, pessoas, lugares e sentimentos que me proporcionaram.

“Todas as grandes coisas são difíceis e raras.”

Spinoza.

RESUMO

A modernização dos sistemas de instalações elétricas proporciona, entre diversos pontos, um aumento significativo na movimentação do mercado, pois ela surge como uma alternativa de suprir a crescente demanda por eletricidade nos mais diversos aspectos, apresentando a mecanização de novas tecnologias, processos construtivos e de implementação, ao setor elétrico. Entretanto, o princípio básico de segurança em estruturas e projetos, muitas vezes não é respeitado e, elencado a isso, o desconhecimento das normas, equívocos ou imperícias dos profissionais na execução adequada de projetos de instalações elétricas e de prevenção e combate a incêndio, colocam em risco a vida de toda comunidade. Por esse motivo é necessário o estudo sobre o método de aplicação de painéis elétricos voltados ao comando de sistemas de combate a incêndios, tratando dos princípios e formas de efetivação desse mecanismo como uma maneira de compreender e possibilitar aprimorações na tecnologia. Este trabalho tem como objetivo uma revisão bibliográfica, que descreva os componentes e metodologia que envolve o uso de painéis elétricos de controle de bombas e motores relacionadas aos sistemas anti-incêndio, como uma forma de otimizar o controle e garantir a seguridade da população em estabelecimentos. Serão apresentados os materiais, normas e conceitos que envolvem a utilização de painéis elétricos em tal aplicação, além de expor especificações sobre a instalação desse artifício, bem como procedimentos que garantam a funcionalidade e eficácia dos painéis elétricos.

Palavras-chave: Painel elétrico, Segurança, Instalações industriais, Combate à incêndio.

ABSTRACT

The modernization of electrical installation systems provides, among several points, a significant increase in market movement, as it appears as an alternative to supply the growing demand for electricity in the most diverse aspects, presenting the mechanization of new technologies, construction processes and implementation, to the electricity sector. However, the basic principle of safety in structures and projects is often not respected and, linked to this, the lack of knowledge of standards, mistakes or malpractices of professionals in the proper execution of projects for electrical installations and fire prevention and fighting, place jeopardizing the life of the entire community. For this reason, it is necessary to study the method of application of electrical panels aimed at controlling firefighting systems, dealing with the principles and ways of implementing this mechanism as a way of understanding and enabling improvements in technology. This work aims at a bibliographic review, describing the components and methodology that involves the use of electrical control panels for pumps and motors related to firefighting systems, as a way to optimize control and guarantee the safety of the population in establishments. The materials, standards and concepts that involve the use of electrical panels in such an application will be presented, in addition to exposing specifications on the installation of this device, as well as procedures that guarantee the functionality and effectiveness of the electrical panels.

Keywords: Electric panel, Security, Industrial installations, Fire fighting.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Dados Gerais de Acidentes de Origem Elétrica - 2021	15
Figura 2 - Número de Mortes em Acidentes de Origem Elétrica em 2021	15
Figura 3 - Relação do Número de Acidentes por Tipologia da Fonte de Incêndio	16
Figura 4 - Número de Incêndios Devido Sobrecarga por Tipo de Estabelecimento	17
Figura 5 - Cavalete de automação das bombas principal e de pressurização	26
Figura 6 - Cavalete de automação	27
Figura 7 - Esquema de ligação elétrica para acionamento da bomba de incêndio	28
Figura 8 - Chave Tipo Liga/Desliga	32
Figura 9 - Botoeira Tipo Liga/Desliga	32
Figura 10 - Partes Construtivas Pressostato Para Água e Ar	34
Figura 11 - Pressostato DANFFOS	34
Figura 12 - Chave de Fluxo WL 118	35
Figura 13 - Diagrama de Força e Comando de Partida Direta	37
Figura 14 - Diagrama de Força e Comando de Partida Estrela-Triângulo	38
Figura 15 - Diagrama de Força e Comando de Partida Compensadora	39
Figura 16 - Inversor de Frequência ALTIVAR 31	40
Figura 17 - Ligação Direta com Chave Estática	41
Figura 18 - Ligação com Contator de <i>By Pass</i> e Chave Estática	41
Figura 19 - Ligação Sequencial de Motores com Chave Estática	42
Figura 20 - Ligação Simultânea de Diversos Motores com Chave Estática	42
Figura 21 - Painel Elétrico Tipo Armário	45
Figura 22 - Painel Elétrico Tipo Multicolunas	46
Figura 23 - Painel Elétrico Tipo Mesa de Comando	46
Figura 24 - Painel Elétrico Tipo Modular	47
Figura 25 - Painel Elétrico Tipo Multimodular	47
Figura 26 - Painel Elétrico Tipo Fixo e Extraível	48
Figura 27 - Circuito de Força	51
Figura 28 - Detalhe da Proteção do Circuito de Força	52
Figura 29 - Circuito de Força Motobomba Principal	54
Figura 30 - Circuito de Força Motobomba Jockey	55
Figura 31 - Circuito de Comando	57
Figura 32 - Detalhes da Sonorização e Indicação de Energização e Falta de Fase	58
Figura 33 - Acionamento Motobomba Principal	59
Figura 34 - Acionamento Motobomba Jockey	60
Figura 35 - Vista Interior do Painel de Comando	61
Figura 36 - Vista Externa do Painel de Comando	62
Figura 37 - Vistas Laterais do Painel de Comando	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dispositivo de Partida de Motores	53
Tabela 2 - Lista de Materiais	63

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRACOPEL	Associação Brasileira de Conscientização para os Perigos de Eletricidade
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
IEEE	Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos
NR	Norma Regulamentadora
NT	Norma Técnica
CBMPB	Corpo de Bombeiros Militar da Paraíba
NBR	Norma Brasileira
NDU	Norma de Distribuição Unificada
NA	Normalmente Aberto
NF	Normalmente Fechado
CCM	Centro de Controle de Motores
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
QDL	Quadro de Distribuição de Luz
QGF	Quadro Geral de Força

SUMÁRIO

1	Introdução	14
1.1	Objetivo do Trabalho	17
1.2	Estrutura do Trabalho	18
2	Fundamentação Teórica	19
2.1	NR-10 – Segurança em Instalações e Serviços de Eletricidade.....	19
2.2	NR-23 – Proteção Contra Incêndios	20
2.3	ABNT NBR 16384:2020 – Segurança em Eletricidade	21
2.4	ABNT NBR 5410:2004 – Instalações Elétricas de Baixa Tensão.....	22
2.5	ABNT NBR 13714:2000 – Sistemas de Hidrantes e de Mangotinhos para Combate a Incêndio.....	23
2.6	NT 015:2016 – CBMPB – Sistemas de Hidrantes e Mangotinhos para Combate a Incêndio	24
2.7	Fornecimento de Energia Elétrica.....	30
2.8	Premissas para a Partida das Bombas de Combate a Incêndio	31
2.8.1	Métodos de Acionamento dos Sistemas.....	31
2.8.1.1	Acionamento manual.....	32
2.8.1.2	Acionamento por pressostatos	32
2.8.1.3	Acionamento por fluxostatos.....	34
2.8.2	Métodos de Partida de Motores Elétricos	36
2.8.2.1	Partida Direta.....	36
2.8.2.2	Partida estrela-triângulo:.....	37
2.8.2.3	Partida compensadora.....	38
2.8.2.4	Partida por inversor de frequência:.....	39
2.8.2.5	Partida por chaves estáticas (<i>softstarter</i>).....	40
2.8.2.5.1	Tipos de Ligação com <i>Softstarter</i>	41
2.8.2.5.1.1	Ligação direta.....	41
2.8.2.5.1.2	Ligação com contator em paralelo (contator de <i>by pass</i>)	41
2.8.2.5.1.3	Ligação em partida sequencial de diversos motores.....	42
2.8.2.5.1.4	Ligação simultânea de diversos motores	42
2.8.3	Classificação das Motobombas	43
2.8.3.1	Acoplada a um motor elétrico	43
2.8.3.2	Acoplada a um motor de combustão	43

2.9	Painéis Elétricos.....	43
2.9.1	Classificações dos painéis elétricos.....	44
2.9.2	Características técnicas nominais.....	48
3	Metodologia de Implementação.....	50
3.1	Dimensionamento e Projeto do Quadro Elétrico	50
3.1.1	Circuito de Força.....	51
3.1.2	Circuito de Comando	56
3.1.3	Representação Física	60
3.2	Lista de Materiais.....	63
3.3	<i>Checklist</i> Avaliativo.....	64
4	Conclusão.....	65
	Referências	67
	APÊNDICE A – Modelo de <i>Checklist</i> Avaliativo	69

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da humanidade ocasionado desde a Revolução Industrial acarretou entre diversos fatores, o crescimento da demanda de energia elétrica, e conseqüentemente uma vertiginosa modernização dos componentes, características construtivas e processos de implementação das tecnologias para suprir as necessidades de uma sociedade que está em constante evolução. A vista disso, a segurança e confiabilidade dos equipamentos são essenciais e seguem como princípios básicos estabelecidos pelas normas e entidades de proteção a população no que diz respeito aos projetos e execuções de sistemas em geral, juntamente à acessibilidade, automação e flexibilidade.

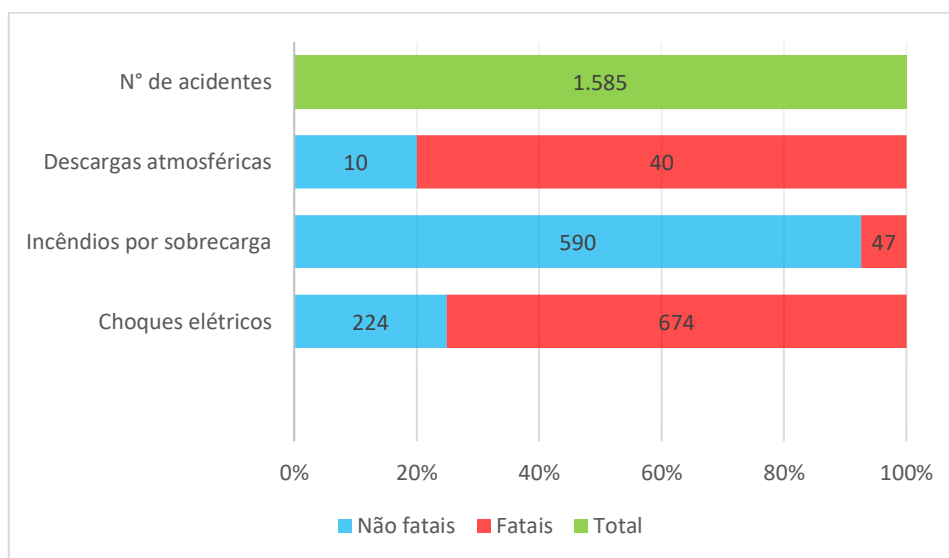
Exemplo dessa evolução tecnológica, que tem se mostrado cada vez mais necessária para os sistemas elétricos, é a dos painéis elétricos de comando, nos quais antigamente, automatismos industriais eram realizados exclusivamente por equipamentos eletromecânicos e robustos, aplicados principalmente ao controle de operação das subestações.

Hodiernamente, assim como os componentes, o controle automatizado dos equipamentos e execução de atividades cresce exponencialmente, como exemplificado pelo aumento da autonomia das tarefas básicas e acesso à informação por meio dos dispositivos eletrônicos inteligentes (*Echo Dot, Echo Show, Fire TV Stick, etc*), cada vez menores e mais potentes. Na ordem das instalações elétricas residenciais e industriais, o uso dos painéis elétricos se destaca como uma forma garantir que procedimentos e mecanismos associados ao sistema elétrico sejam automatizados, mas ainda de fácil acesso remoto pelo usuário, e com os aspectos básicos dos projetos de instalações presentes, comportando e protegendo os componentes elétricos responsáveis pela execução dos objetivos predefinidos do sistema.

No que diz respeito à segurança, utilizar desses artifícios como meio de proteção e controle da forma construtiva do equipamento ou sistema e da comunidade, se mostra uma alternativa a ser considerada. Dados do Anuário Estatístico da Associação Brasileira de Conscientização para os Perigos de Eletricidade (ABRACOPEL) de Acidentes de Origem Elétrica 2022- Ano Base 2021, ressaltam que no ano de 2021 foram registrados

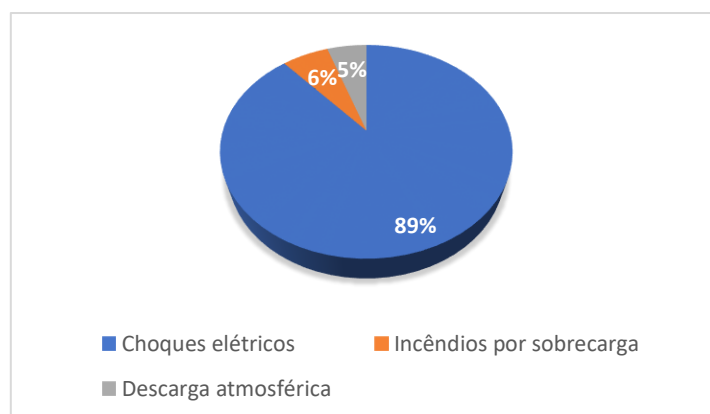
um total de 1.585 acidentes de origem elétrica, com 761 mortes em acidentes, sendo cerca de 89 % correspondente a choques elétricos, 6% incêndios causados por sobrecarga e 5% descargas atmosféricas. Observa-se na Figura 1 os dados de acidentes de origem elétrica em 2021 e suas causas, divididos entre acidentes letais e não letais, e a Figura 2 que ressalta o número de mortes por tipos de acidentes de origem elétrica, respectivamente.

Figura 1 - Dados Gerais de Acidentes de Origem Elétrica - 2021



Fonte: (ABRACOPEL, 2022) Adaptado.

Figura 2 - Número de Mortes em Acidentes de Origem Elétrica em 2021



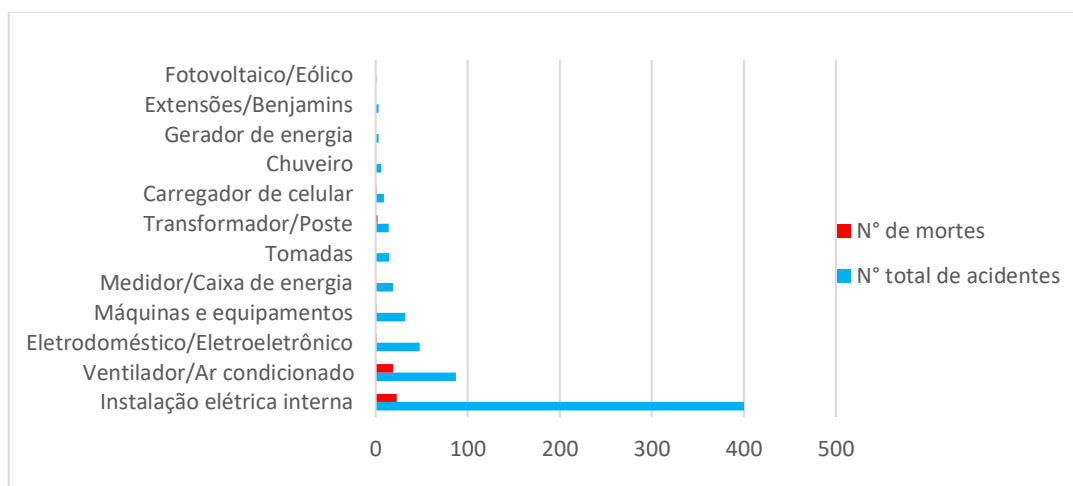
Fonte: (ABRACOPEL, 2022) Adaptado.

Esses dados refletem um aumento comparado ao ano de 2020 em todos os tipos avaliados, exceto no número de incidentes por choque elétrico – 853 no ano de 2020, o qual pode ser atribuído à diversos fatores, mas sobretudo pelo fator pandêmico ocasionado pelo COVID-19, o qual intensificou o trabalho em *home office* e, com isso, a preocupação das pessoas em adequar as instalações elétricas (ABRACOPEL, 2022).

Entretanto, os números de acidentes com incêndios de origem elétrica aumentaram- 583 no ano de 2020, expondo a necessidade de meios disponíveis à comunidade que combatam efetivamente tal problemática. A principal causa dos incêndios é o curto-circuito, fenômeno que pode ser descrito como o superaquecimento dos condutores elétricos que eleva a passagem de corrente no circuito com resistência muito pequena (fio condutor) e, pela a baixa suportabilidade da dissipação elevada de temperatura do condutor, a isolação dos fios muda de estado deixando a instalação vulnerável e possibilitando o aparecimento de centelhas e faíscas (CREDER, 2007).

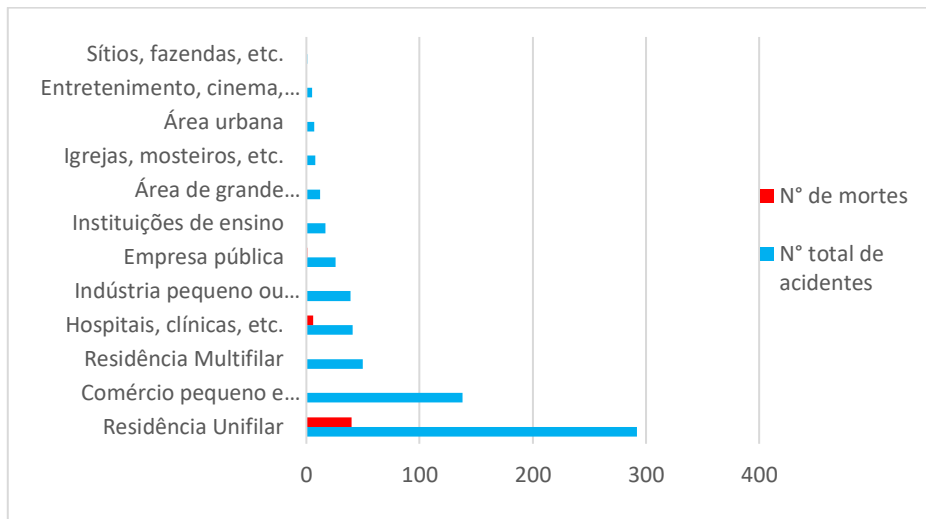
Importante ressaltar ainda que, analisando os incêndios por sobrecarga de acordo com a tipologia da fonte geradora de incêndio como é mostrado na Figura 3, e na Figura 4 que destaca o número de incêndios de acordo com o tipo de ambiente, a seguir, a maioria dos incêndios ocorrem em instalações elétricas internas. Isso se deve em grande parte ao mal dimensionamento das instalações (PINTO, 2018), em que não é considerada a coordenação dos condutores e dos dispositivos de proteção, além do desconhecimento e descaso dos profissionais que banalizam o uso das normas, regulamentos, por equívoco ou atos de imperícia, imprudência ou negligência as boas práticas da engenharia.

Figura 3 - Relação do Número de Acidentes por Tipologia da Fonte de Incêndio



Fonte: (ABRACOPEL, 2022) Adaptado.

Figura 4 - Número de Incêndios Devido Sobrecarga por Tipo de Estabelecimento



Fonte: (ABRACOPEL, 2022) Adaptado.

Portanto, diante de toda importância da manutenibilidade dos painéis elétricos para o sistema, como também para a automatização e proteção de todo espaço, além da preservação das instalações e segurança da sociedade, se faz necessário um estudo da aplicação dos painéis elétricos voltados ao acionamento dos sistemas de combate a incêndio, visto que é de extrema importância profissional conhecer os principais componentes dos painéis elétricos, assim como todas as diretrizes que regem a segurança dos ambientes, projetos e execuções de atividades, além de entender de que maneira tais implementações são realizadas e podem ser avaliadas. Para que assim, seja garantida a legitimidade do funcionamento das instalações e bem estar de toda a comunidade que possa ser impactada direta e indiretamente pelos sistemas elétricos.

1.1 OBJETIVO DO TRABALHO

O presente trabalho tem como objetivo apresentar os principais elementos, artifícios e especificações envolvidas na aplicação de painéis elétricos utilizados para o acionamento de sistemas para combate ao incêndio, além do levantamento dos processos necessários para a sua instalação, baseando-se nas normas ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), IEEE (Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos), e demais normas pertencentes ao tema e bibliografias relacionadas, visando a criação de um modelo que sirva como base para a implementação e avaliação dessa tecnologia .

Como objetivos específicos, destacam-se:

- Análise do processo de especificação dos componentes necessários para o desenvolvimento e aplicação dos painéis elétricos em sistemas para combate de incêndio;
- Identificar e descrever as normas envolvidas no processo de implementação;
- Estabelecer processos e *checklists* avaliativos para a aplicação desses artificios nos estabelecimentos.

1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está dividido em cinco capítulos. No Capítulo 2 é descrito e explicitado o embasamento teórico sobre os componentes dos painéis elétricos, as normas regulamentadoras e técnicas envolvidas nessa aplicação, os principais conceitos e componentes relacionados ao acionamento dos motores destinados à combate ao incêndio e suas especificações, além das concepções presentes nos circuitos de acionamento e forma do sistema em questão. No Capítulo 3 é descrito o processo de implementação dos painéis elétricos para o acionamento do sistemas anti-incêndio. Por fim, no Capítulo 4 são discutidas as conclusões a respeito do tema.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 NR-10 – SEGURANÇA EM INSTALAÇÕES E SERVIÇOS DE ELETRICIDADE

Norma Regulamentadora (NR) número 10 visa proporcionar ao profissional que interaja (direta ou indiretamente) em instalações elétricas e serviços com eletricidade, requisitos e condições ideais mínimas de controle e prevenção de acidentes. Nesta NR são apresentadas diretrizes de medidas de controle, proteção coletiva e individual, segurança em projetos, construção, montagem, operação, manutenção e suas sinalizações, segurança em instalações elétricas desenergizadas e energizadas, trabalhos em alta tensão, habilitação, qualificação, capacitação e autorização dos trabalhadores, procedimentos de trabalho e em situações de emergência, e, proteção contra incêndio e explosão, orientações estas que aplicam-se e fundamentam-se a este trabalho.

Decorrente do objetivo deste trabalho, é importante levar em considerações alguns itens normatizados. A NR-10 (1978), atualizada em 2022, define:

10.9.1. As áreas onde houver instalações ou equipamentos elétricos devem ser dotadas de proteção contra incêndio e explosão, conforme dispõe a NR – 23 Proteção Contra Incêndios.

10.9.2. Os materiais, peças, dispositivos, equipamentos e sistemas destinados à aplicação em instalações elétricas de ambientes com atmosferas potencialmente explosivas devem ser avaliados quanto à a sua conformidade, no âmbito do Sistema Brasileiro de Certificação.

10.9.3. Os processos ou equipamentos susceptíveis de gerar ou acumular eletricidade estática devem dispor de proteção específica e dispositivos de descarga elétrica.

10.9.4. Nas instalações elétricas de áreas classificadas ou sujeitas a risco acentuado de incêndio ou explosões, devem ser adotados dispositivos de proteção, com alarme e seccionamento automático para prevenir sobretensões, sobrecorrentes, falhas de isolamento, aquecimentos ou outras condições anormais de operação.

10.9.5 Os serviços em instalações elétricas nas áreas classificadas somente poderão ser realizados mediante permissão para o trabalho com liberação

formalizada, conforme estabelece o item 10.5 ou supressão do agente de risco que determina a classificação da área.

O item 10.9.1 versa acerca da aplicação da NR- 23. Tal norma estabelece medidas de prevenção contra incêndios nos ambientes de trabalho, abordando ações para combate ao risco nos espaços físicos e equipamentos. A seguir será apresentada a norma e destacada alguns dos principais itens que respaldam na temática tratada neste documento. Os itens 10.9.2 e 10.9.5 potencializam a importância da análise de riscos e do papel do profissional ao realizar atividades que envolvem a eletricidade, assim como a legitimidade dos serviços para a preservação do espaço e comunidade. Já os itens 10.9.3 e 10.9.4 regulamentam a adoção de proteção para os espaços e equipamentos.

Vale ressaltar que demais itens abordados nesta norma regulamentadora são essenciais para qualquer atividade que venha a ser desempenhada pelos profissionais da área e que, portanto, recomenda-se a leitura da norma na íntegra.

2.2 NR-23 – PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIOS

Norma Regulamentadora que estabelece medidas de prevenção contra incêndios aos estabelecimentos e locais de trabalho. Em linhas gerais, a NR-23 (1978), atualizada em 2022, define:

23.3.1. Toda organização deve adotar medidas de prevenção contra incêndios em conformidade com a legislação estadual e, quando aplicável, de forma complementar, com as normas técnicas oficiais.

23.3.2. A organização deve providenciar para todos os trabalhadores informações sobre:

- a) Utilização dos equipamentos de combate ao incêndio;
- b) Procedimentos de resposta aos cenários de emergências e para evacuação dos locais de trabalho com segurança;
- c) Dispositivos de alarme existentes.

23.3.3. O locais de trabalho devem dispor de saídas em número suficiente e dispostas de modo que aqueles que se encontrem nesses locais e possam abandoná-los com rapidez e segurança em casos de emergência.

23.3.4. As aberturas, saídas e vias de passagem de emergência devem ser identificadas e sinalizadas de acordo com a legislação estadual e, quando aplicável, de forma complementar, com as normas técnicas oficiais,

indicando a direção da saída.

23.3.4.1. As aberturas, saídas e vias de passagem devem ser mantidas desobstruídas.

23.3.5. Nenhuma saída de emergência deve ser fechada à chave ou presa durante a jornada de trabalho.

23.3.5.1. As saídas de emergência podem ser equipadas com dispositivos de travamento que permitam fácil abertura do interior do estabelecimento.

Os itens 23.3.1 e 23.3.4 expõem a necessidade de os estabelecimentos estarem em conformidade não só com as Normas Regulamentadoras, mas principalmente com as Normas Técnicas (NTs) estaduais que são fiscalizadas e estabelecidas pelos órgãos de segurança de cada estado. Devido a isto, este trabalho concentra-se nas normas técnicas do Corpo de Bombeiros Militar da Paraíba (CBMPB).

Os itens 23.3.2 ressaltam a importância do acesso às informações para a comunidade que atua diretamente nos estabelecimentos. Já os itens 23.3.4 e 23.3.5 e seus respectivos subtópicos apontam as principais condições de acesso aos espaços que precisam ser atendidas para garantir a segurança e bem estar de todos.

2.3 ABNT NBR 16384:2020 – SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

Norma Técnica Brasileira (NBR) que atua, algumas vezes, como um complemento e um documento de consulta para compreender ou orientar a implantação da NR 10, trazendo alguns esclarecimentos e exemplos, como a recomendação de lista de estudos ou ensaios que o prontuário deve ter como forma mínima (MARTINHO, 2022). O objetivo da norma consiste em fornecer informações e orientações adicionais para a realização e controle de ações visando a segurança dos profissionais. Abaixo são listados ensaios apresentados e especificados na norma:

- Estudo de curto circuito;
- Estudo de coordenação e seletividade;
- Estudo da energia incidente do arco elétrico;
- Estudo de classificação das áreas;
- Estudo de coordenação de isolamento;
- Especificação das medidas e meios de proteção contra choques elétricos e arco elétrico;

- Especificação das medidas e meios de proteção contra incêndios ou outros riscos adicionais de origem elétrica;
- Especificação da Proteção contra Descargas Atmosféricas (PDA);
- Especificação dos requisitos de segurança dos equipamentos elétricos;
- Especificação do sistema de aterramento, com informações de tensão de passo e toque, e dos pontos de conexão dos aterramentos temporários.

Sobre os registros de inspeção e ensaio, pode-se citar os modelos, por exemplo:

- Relatório de ensaios e especificações dos Equipamentos de Proteção Individuais (EPIs);
- Relatório de ensaio dos dispositivos de proteção do sistema elétrico;
- Relatório de vistoria e inspeção do PDA;
- Relatório de ensaio do dispositivo diferencial residual;
- Relatório de ensaio dos equipamentos e ferramentas portáteis;
- Relatório do sistema de aterramento, equipotencialização e potenciais permissíveis.

Trata-se de uma norma recente que não é citada diretamente, mas que contém diversos conceitos e orientações importantes e, portanto, recomenda-se a leitura da norma na íntegra.

2.4 ABNT NBR 5410:2004 – INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO

Base para todos os trabalhos que envolvem o manejo de instalações elétricas e execução de projetos, a referida norma é essencial pois contempla os procedimentos e conceitos necessários para as atividades em nível de baixa tensão como dimensionamento de condutores, padrão de cores e sinalizações, protocolos de proteção as instalações e ao usuário, componentes, locais e respectivos matérias, condições de aterramento, entre outros. Trata-se de uma norma extensa e fulcral que contém diversos conceitos nos quais as demais normas técnicas referenciadas nesse trabalho baseiam-se e por isso, recomenda-se sua leitura na íntegra.

2.5 ABNT NBR 13714:2000 – SISTEMAS DE HIDRANTES E DE MANGOTINHOS PARA COMBATE A INCÊNDIO

Norma Técnica Brasileira que estabelece as condições mínimas necessárias para todas as atividades que envolvam o manuseio, bem como as características dos componentes de sistemas de hidrantes e mangotinhos, para uso exclusivo de combate a incêndio. Nesse documento, são apresentados os requisitos dos quais as demais normas técnicas estaduais se baseiam, assim como os processos de implementação, dimensionamento, manutenção e aceitação do uso por parte das entidades de segurança e fiscalização.

A NBR 13714 (2000), define:

3.3.1. **Bomba Principal:** bomba hidráulica centrífuga destinada a recalcar água para os sistemas de combate a incêndio.

3.3.2. **Bomba de Pressurização (Jockey):** bomba hidráulica centrífuga destinada a manter o sistema pressurizado em uma faixa preestabelecida.

3.3.3. **Bomba de Reforço:** bomba hidráulica centrífuga destinada a fornecer água aos hidrantes ou mangotinhos mais desfavoráveis hidráulicamente, quando estes não puderem ser abastecidos somente pelo reservatório elevado.

3.7. **Esguicho:** dispositivo adaptado na extremidade das mangueiras, destinado a dar forma, direção e controle ao jato, podendo ser do tipo regulável (neblina ou compacto) ou de jato compacto.

3.8. **Hidrante:** ponto de tomada de água onde há uma (simples) ou duas (duplo) saídas contendo válvulas angulares com seus respectivos adaptadores, tampões, mangueiras de incêndio e demais acessórios.

3.12. **Mangotinho:** ponto de tomada de água onde há uma (simples) saída contendo válvula de abertura rápida, adaptador (se necessário), mangueira semirrígida, esguicho regulável e demais acessórios.

3.21. **Sistema de Hidrantes ou de Mangotinhos:** sistema de combate a incêndio composto por reserva de incêndio, bombas de incêndio (quando necessário), rede de tubulação, hidrantes ou mangotinhos e outros acessórios descritos nesta Norma.

Os itens acima citados são de extrema necessidade de conhecimento por parte dos profissionais, pois tais definições reproduzem-se ao longo de todo trabalho e são base

para qualquer atividade que relacione os sistemas de combate a incêndio. Além disso, a NBR 13714 (2000) ainda ressalta:

4. Requisitos Gerais

Os sistemas de combate a incêndio estão divididos em sistemas de mangotinhos (tipo 1) e sistemas de hidrantes (tipos 2 e 3), conforme especificado.

A todo sistema a ser instalado deve corresponder um memorial, constando cálculos, dimensionamentos, desenhos, plantas, perspectivas isométricas detalhadas de tubulação, premissas, orientações para instalação, procedimentos de ensaio e recomendações para manutenção.

O projeto, a instalação, os ensaios e a manutenção dos sistemas devem ser executados por empresas ou por responsáveis profissionais, legalmente habilitados, sendo obrigatória a comprovação da capacitação, a qualquer tempo.

Todos os parâmetros, ábacos, tabelas e outros recursos utilizados no projeto e no dimensionamento devem ser relacionados no memorial. Não é admitida a referência a outro projeto para justificar a aplicação de qualquer informação no memorial.

Estes itens ressaltam a importância da avaliação, profissionalismo e cuidado na projeção, execução, e manutenção dos sistemas de combate ao incêndio, enfatizando a importância da adoção de padrões e boas práticas da engenharia nessas atividades. Os procedimentos e características necessárias para a implementação dos sistemas apresentados também nesta norma, serão apresentadas ao longo das normas técnicas estaduais citadas neste trabalho.

2.6 NT 015:2016 – CBMPB – SISTEMAS DE HIDRANTES E MANGOTINHOS PARA COMBATE A INCÊNDIO

Norma Técnica Estadual que trata dos requisitos de instalação e funcionamento dos sistemas de hidrantes e mangotinhos, publicada no Diário Oficial nº 16.216 vigente a partir da data de 25 de setembro de 2016 de acordo com o Corpo de Bombeiros Militar da Paraíba. Tal documento traz o Anexo C referente aos procedimentos para com bombas

de incêndio e suas disposições no sistema de combate a incêndio, nos quais seus itens serão abordados a seguir.

C.1.1. Quando o abastecimento é feito por bomba de incêndio, deve possuir pelo menos uma bomba elétrica ou de combustão interna, devendo ser utilizada para este fim. Em edificações de risco médio ou alto, deve ser instalada uma bomba de incêndio reserva.

C.1.3. As bombas de incêndio devem ser utilizadas somente para este fim.

C.1.6. A automatização da bomba principal ou de reforço deve ser executada de maneira que, após a partida do motor, seu desligamento seja somente manual no seu próprio painel de comando, localizado na casa de bombas.

C.1.7. Quando a(s) bomba(s) de incêndio for(em) automatizada(s), deve ser previsto pelo menos um ponto de acionamento manual para a(s) mesma(s), instalado em local seguro da edificação e que permita fácil acesso.

C.1.8. O funcionamento automático é indicado pela simples abertura de qualquer ponto de hidrante da instalação.

C.1.9. As bombas de incêndio devem atingir pleno regime em aproximadamente 30s após a sua partida.

C.1.10. As bombas de incêndio podem ser acionadas manualmente por meio de dispositivos instalados junto a cada hidrante ou mangotinho, desde que o número máximo de hidrantes ou mangotinhos não exceda 6(seis) pontos.

C.1.12. As bombas de incêndio, preferencialmente, devem ser instaladas em condição de sucção positiva. Esta condição é conseguida quando a linha do eixo da bomba se situa abaixo do nível X de água. Admite-se que a linha de centro do eixo da bomba se situe 0,2m acima do nível X de água, ou a 1/3 da capacidade efetiva do reservatório, o que for menor, acima do que é considerada condição de sucção negativa.

C.1.14. Não é recomendada a instalação de bombas de incêndio com pressões superiores a 100 mca (1MPa).

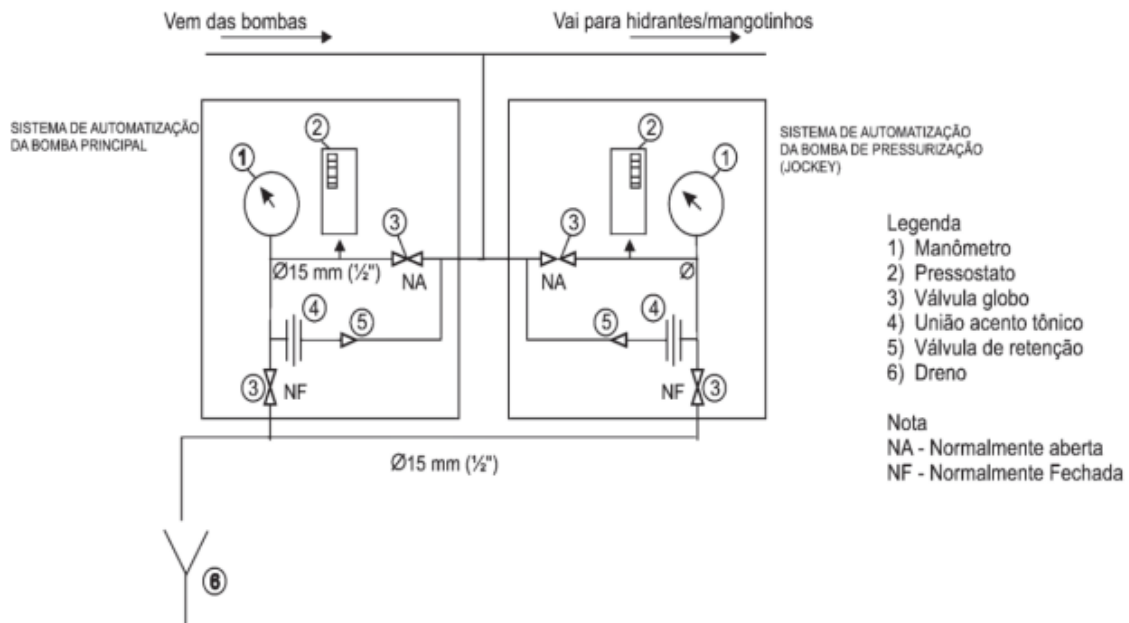
C.1.15. Quando o sistema de hidrantes ou mangotinhos dispuser de mais de seis saídas, a fim de manter a rede devidamente pressurizada em uma faixa preestabelecida e, para compensar pequenas perdas de pressão, uma bomba de pressurização (Jockey) deve ser instalada; tal bomba deve ter vazão de 20L/min. Fica dispensada a instalação de bomba de pressurização (Jockey) quando o reservatório de incêndio for elevado, independentemente da quantidade de saídas de hidrantes ou mangotinhos.

C.1.15.1. A pressão máxima de operação da bomba de pressurização (Jockey) instalada no sistema deve ser igual à pressão da bomba principal, medida sem vazão (*shut-off*). Recomenda-se que o diferencial de pressão entre os acionamentos sequenciais das bombas seja de aproximadamente 10mca (100

kPa).

C.1.15.2. As automatizações da bomba de pressurização (Jockey) para liga-la e desliga-la automaticamente e da bomba principal para somente liga-la automaticamente devem ser feitas através de pressostatos instalados conforme apresentado na Figura 5 e ligados nos painéis de comando e chaves de partida dos motores de cada bomba.

Figura 5 – Cavelete de automação das bombas principal e de pressurização



Fonte: NT 15 – CBMPB, (2016).

Por questões didáticas, o sistema apresentado na Figura 5 e citado no item C.1.15.2. está situado à jusante da bomba hidráulica e pode ser melhor visualizado na Figura 6. Além do posicionamento, a norma ainda apresenta requisitos mínimos de indicação e sinalização necessários aos painéis elétricos de acionamento do sistema, citados a seguir.

Como observa GONÇALVES (2014), diferentemente da bomba principal, a bomba Jockey poderá ser ligada e desligada automaticamente. A pressão de 10mca citada no item C.1.15. deverá ser regulada nos pressostatos que virão a ser elementos de sensibilização de automação.

Ainda é válido considerar, assim como GONÇALVES (2014), que no caso de acionamento manual – botões liga e desliga – junto a cada hidrante da instalação, é importante observar o grau de proteção que o dispositivo apresenta. Ou seja, em ambientes que o grau de exposição a água ou intempéries que possam danificar o funcionamento do sistema, é importante que sejam consideradas proteções redundantes

ou formas de acionamento por meio de sensores que garantam a eficiência das instalações. Portanto, é justificável por preço, facilidade e confiabilidade a utilização da automação por sensoriamento de pressostatos.

Figura 6 - Cavalete de automação



Fonte: Mendes, (2022).

C.1.16. O painel de sinalização das bombas principal ou de reforço, elétrica ou de combustão interna, deve ser dotado de uma botoeira para ligar manualmente tais bombas, possuindo sinalização ótica e acústica, indicando, pelo menos, os seguintes eventos:

C.1.16.1. Bomba elétrica:

- a. Painel energizado;
- b. Bomba em funcionamento;
- c. Falta de fase;
- d. Falta de energia no comando da partida.

C.1.16.2. Bomba de combustão interna:

- a. Painel energizado;
- b. Bomba em funcionamento;
- c. Baixa carga da bateria;
- d. Chave na posição manual ou painel desligado.

C.1.17. As bombas principais devem ser dotadas de manômetro para determinação da pressão em sua descarga. Nos casos em que forem instaladas em condições de sucção negativa, devem também ser dotadas de vacuômetro para determinação da pressão em sucção.

Para a aplicação de bombas de incêndio acopladas a motores elétricos, a NT 015 (2016), define:

C.2.1. As bombas de incêndio dos sistemas de hidrantes e de mangotinhos podem dispor de dispositivos para acionamento automático ou manual.

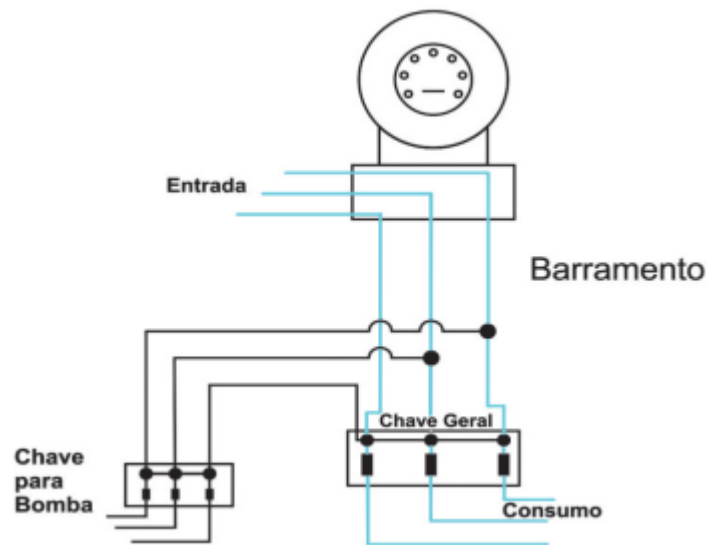
C.2.2. Quando o acionamento for manual devem ser previstas botoeiras do tipo “liga - desliga” junto a cada hidrante ou mangotinho.

C.2.4. Os condutores elétricos das botoeiras devem ser protegidos contra danos físicos e mecânicos por meio de eletrodutos rígidos embutidos nas paredes, ou quando aparentes em eletrodutos metálicos, não devendo passar em áreas de risco.

C.2.5. As bombas de incêndio não podem ser instaladas em salas que contenham qualquer outro tipo de máquina ou motor, exceto quando estes últimos se destinem a sistemas de proteção e combate a incêndio que utilizem água como agente de combate.

C.2.7. A alimentação elétrica das bombas de incêndio deve ser independente do consumo geral, de forma a permitir o desligamento geral da energia, sem prejuízo do funcionamento do motor da bomba de incêndio (ver Figura 7).

Figura 7 - Esquema de ligação elétrica para acionamento da bomba de incêndio



Fonte: NT 015 – CMBPB, (2016).

C.2.8. Na falta de energia da concessionária, as bombas de incêndio acionadas por motor elétrico podem ser alimentadas por um gerador a diesel, atendendo ao requisito de C.2.9.

C.2.9. A entrada de força para edificação a ser protegida deve ser dimensionada para suportar o funcionamento das bombas de incêndio em conjunto com os demais componentes elétricos da edificação, a plena carga.

C.2.10. As chaves elétricas de alimentação das bombas de incêndio devem ser sinalizadas com a inscrição “ALIMENTAÇÃO DA BOMBA DE INCÊNDIO – NÃO DESLIGUE”.

C.2.11. Os fios elétricos de alimentação do motor das bombas de incêndio,

quando dentro da área protegida pelo sistema de hidrantes, devem ser protegidos contra danos mecânicos e químicos, fogo e umidade,

C.2.13. A bomba de pressurização Jockey pode ser sinalizada apenas no recuso ótico, indicando bomba em funcionamento.

C.2.14. Cada bomba principal ou de reforço deve possuir uma placa de identificação com as seguintes características:

- a. Nome do fabricante;
- b. Número de série;
- c. Modelo da bomba;
- d. Vazão nominal;
- e. Pressão nominal;
- f. Rotações por minutos de regime;
- g. Diâmetro do rotor.

C.2.15. Os motores elétricos também devem ser caracterizados através de placa de identificação, exibindo:

- a. Nome do fabricante;
- b. Tipo;
- c. Modelo;
- d. Número de série;
- e. Potência, em CV;
- f. Rotações por minuto sob tensão nominal;
- g. Tensão de entrada, em volts;
- h. Corrente de funcionamento, ampères;
- i. Frequência, em hertz.

C.2.16. O painel de comando para proteção e partida automática do motor da bomba de incêndio deve ser selecionado de acordo com a potência em CV do motor.

C.2.17. A partida do motor elétrico deve estar de acordo com as recomendações da NBR 5410:2004 ou da concessionária local.

C.2.17.1. O sistema de partida deve ser do tipo magnético;

C.2.17.2. O período de aceleração do motor não deve exceder 10s;

C.2.18. O painel deve ser localizado o mais próximo possível do motor da bomba de incêndio e convenientemente protegido contra respingos de água e penetração de poeira.

C.2.19. O painel deve ser fornecido com os desenhos dimensionais, leiaute, diagrama elétrico, régua de bornes, diagrama elétrico interno e listagem dos materiais aplicados.

C.2.20. Todos os fios devem ser anilhados, de acordo com o diagrama elétrico correspondente.

C.2.21. O alarme acústico do painel deve ser tal que, uma vez cancelado por

botão de impulso, volte a funcionar normalmente quando surgir um novo evento.

C.2.22. O sistema de proteção dos motores elétricos deve estar em conformidade com a NBR 5410:2004.

O item C2.8 diz que “podem ser alimentadas por um gerador à diesel” o que dá margem para que alguns projetistas do sistema hidráulico não utilizem a redundância de motobombas, seja ela através motor a combustão ou redundância na duplicidade do motor elétrico. Outro item questionável desta norma é o item 2.17.1 que se refere a partida como devendo ser do tipo magnética o que impede a otimização de motobomba através de recursos eletrônicos. Também há uma opção não mencionada que seria a dupla partida, uma partida eletrônica caso o projetista veja como uma solução viável e uma partida redundante do tipo magnética, caso haja falha na eletrônica. (SOUZA, 2018)

2.7 FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA

A alimentação das cargas das instalações é regulamentada pela Norma de Distribuição Unificada (NDU) que apresenta os requisitos mínimos e as diretrizes necessárias para projetos e execução das instalações de serviço das unidades consumidoras em baixa e média tensão, nas concessionárias do Grupo Energisa. Quando a carga instalada na unidade consumidora for superior a 75 kW e a demanda até 2500 kW, nas tensões nominais padronizadas pela concessionária, utiliza-se como referência a NDU 002. Esta norma estabelece que no caso de circuitos de emergência (suprimento de iluminação de balizamento, alimentação de bombas de sistema anti-incêndio, etc.) supridos por geradores particulares ou banco de baterias, os mesmos devem ser instalados independentemente dos demais circuitos, em eletrodutos exclusivos, passíveis de serem vistoriados pela concessionária.

Esta norma aborda informações referentes a categorização do padrão de entrada do estabelecimento, a qual deve ser acessada para quaisquer questionamentos acerca de informações adicionais. No caso de fornecimento de energia elétrica em tensão secundária, quando a carga instalada na unidade consumidora for inferior ou igual a 75 kW, a NDU 001 determina que a aplicação em instalações para combate a incêndio, devem ser seguidas às prescrições da ABNT NBR 13714:2000, com uma medição exclusiva para tal, derivada diretamente do barramento.

Por fim, para edificações de múltiplas unidades e unidades consumidoras agrupadas, acima de 3 unidades consumidoras, incluindo-se aquelas unidades com carga instalada superior a 75kW, considera-se a NDU 003 e suas prescrições.

Importante ressaltar ainda que essas normas são extremamente importantes para quaisquer atividades que venha a ser executada considerando a energia elétrica como principal atuante do sistema. Como na aplicação aqui relatada o acionamento das bombas de combate a incêndio que são controladas a partir do circuito dos painéis elétricos exige uma considerável atenção, é essencial atentar-se aos procedimentos e orientações apresentadas pelas normas vigentes ao nível de tensão e suportabilidade do sistema.

2.8 PREMISSAS PARA A PARTIDA DAS BOMBAS DE COMBATE A INCÊNDIO

Essencial para a construção do sistema, é entender as características dos componentes envolvidos em sua constituição. Nesse tópico serão abordadas as principais premissas envolvidas na partida das bombas de incêndio, evento este realizado por meio dos painéis elétricos, sendo estas: os métodos de acionamento dos sistemas, que pode ocorrer manualmente ou por meio de sensores- pressostatos, fluxostatos, as técnicas de partidas dos sistemas de motores- partida direta, estrela-triângulo, compensadora ou eletrônica (*softstarter*, inversor de frequência).

2.8.1 MÉTODOS DE ACIONAMENTO DOS SISTEMAS

A bomba de incêndio entra em funcionamento mediante:

- Acionamento manual realizado por botoeira tipo liga/desliga – próximo aos hidrantes;
- Acionamento automático realizado por pressostatos/manômetros para reservatórios subterrâneos, no nível do piso ou semienterrados, ou por meio de chave de fluxo (fluxostatos) para reservatórios elevados. (PEREIRA,2009).

Considerando os tipos de acionamento dos sistemas existentes, temos:

2.8.1.1 ACIONAMENTO MANUAL

Os acionadores manuais podem ser chaves (Figura 8) ou botoeiras (Figura 9). As chaves do tipo ligam/desligam permitem que o usuário ative e desative a bomba junto ao hidrante. As botoeiras permitem que o usuário acione a bomba junto ao hidrante e sua desabilitação é feita no quadro elétrico. Além dos acionadores manuais instalados junto aos hidrantes, deverá existir um no quadro elétrico de comando.

Figura 8 - Chave Tipo Liga/Desliga



Fonte: Intelbras, (2018).

Figura 9 - Botoeira Tipo Liga/Desliga



Fonte: Jato Sistemas, (2012).

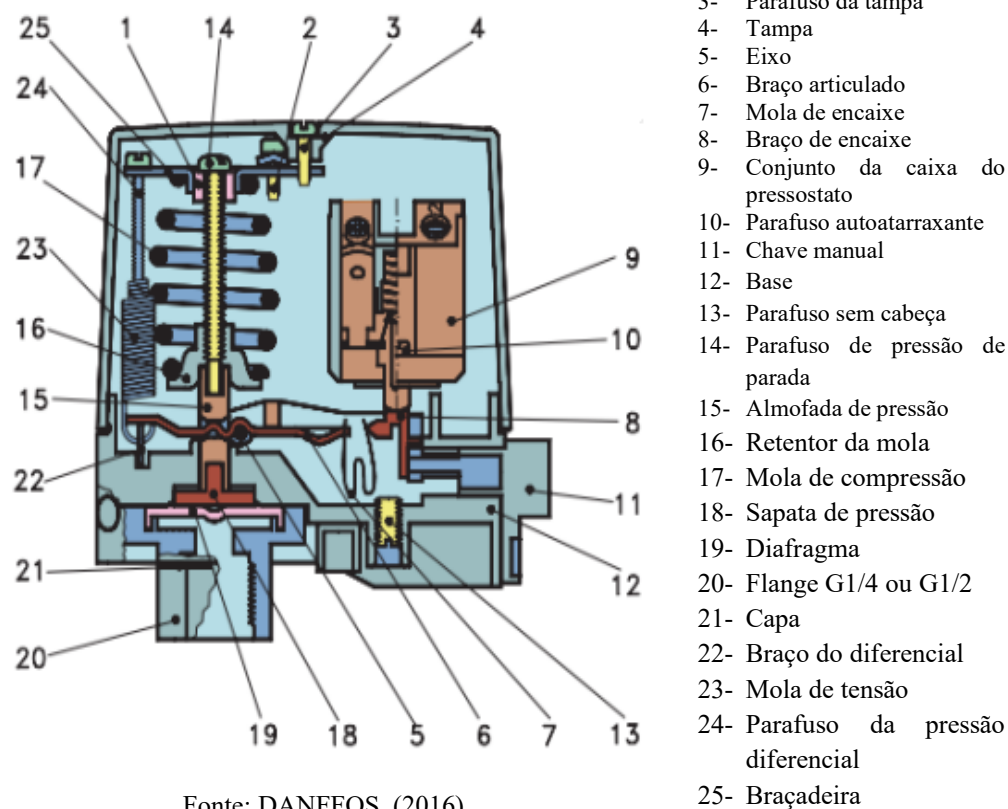
2.8.1.2 ACIONAMENTO POR PRESSOSTATOS

Pressostatos correspondem a dispositivos capazes de detectar a pressão da água na rede. São responsáveis pelo monitoramento, o qual emite uma resposta elétrica ao ser

acionado, como uma ação automática do sistema ou um alerta para a intervenção manual do operador. Ou seja, toda vez que ele detecta que a pressão do fluido diminui, ele aciona a bomba, e quando se estabiliza ele desliga a bomba. A Figura 10 representa as partes construtivas dos pressostatos e a Figura 11 um dos modelos mais utilizados para o acionamento de sistemas de combate a incêndio. É composto por:

- **Controlador ou mecanismo de ajuste:** elemento responsável por criar/ajustar pontos máximos e mínimos de pressão para a atuação do pressostato.
- **Sensor:** monitora os fluídos para garantir a atuação do pressostato no momento em que a pressão atingir valores fora da faixa limitada pelo controlador. Pode ser constituído por um diafragma, pistão, fole ou transmissor.
- **Chave de interrupção ou unidade:** elemento que recebe a atuação do sensor. Ele possui contatos normalmente abertos (NA) ou normalmente fechados (NF), que são comutados quando o pressostato atua, gerando alguma resposta ou desempenhando alguma função no circuito elétrico em que são conectados. (MATTEDE,2022)

Figura 10 - Partes Construtivas Pressostato Para Água e Ar



Fonte: DANFFOS, (2016).

Figura 11 - Pressostato DANFFOS



Fonte: DANFFOS, (2016).

2.8.1.3 ACIONAMENTO POR FLUXOSTATOS

Dispositivo que funciona de acordo com o nível do fluxo dos fluidos. Quando algum ponto de consumo é aberto e a água passa pela bomba, o fluxostato detecta seu fluxo e dá um comando para a bomba. Quando essa movimentação da água é

interrompida, o fluxostato deixa de detectar o fluxo e dá um comando de desligar para a bomba. (BEATO, 2019)

Destaca-se que o fluxostato necessita de um fluxo e uma pressão mínima para ser acionado. Isso significa que abrir muito pouco um ponto de consumo ou mesmo um pequeno vazamento passará despercebido para o fluxostato e a bomba não será acionada. (BEATO, 2019).

Existem diversos tipos de fluxostatos e que podem ser selecionados de acordo com a sua aplicação. Sua classificação é concentrada em três grupos:

- **Fluxostato operado por aleta:** depende do fluido empurrando contra uma pá interna. À medida que o fluxo cai para os níveis predefinidos, é acionada uma alavanca mecânica magnética interna e uma chave de acoplamento que essencialmente desarma a chave.
- **Fluxostato ultrassônico:** enviam sinais quando detectam uma mudança no fluxo e são ligados à parte externa dos tubos.
- **Fluxostato de área variável:** possui um pistão interno que ativa a chave. O fluxo entra e adiciona pressão ao gatilho magnético; assim que essa pressão atingir o nível predefinido, a chave será desligada. Podem ser ainda do tipo palheta de inserção, tipo chave fluxo êmbolo, termal e pistão.

Dos modelos existentes a mais utilizada é apresentada na Figura 12. A chave de controle de fluxo serve para indicar a presença ou ausência de fluxo dentro da tubulação, atuando como um dispositivo complementar de segurança e proteção para ligar e/ou desligar alarmes, motores, compressores, máquinas, bombas d'água etc., ajudando a detectar problemas como: quebra de correia, engripamento de bombas ou mancais. (TESLA, 2018)

Figura 12 – Chave de Fluxo WL 118



Fonte: TECNOFLUID, (2018).

2.8.2 MÉTODOS DE PARTIDA DE MOTORES ELÉTRICOS

Um dos momentos mais críticos é a partida de motores elétricos, pois nesse momento, os motores solicitam uma corrente muito maior do que em serviço contínuo, devido a mudança de inércia do motor. (FRANCHI, 2008)

Atrelado a isso, MAMEDE (2015) ainda ressalta que a adoção de um sistema de partida eficiente é uma das regras básicas para se obter do motor uma vida útil prolongada, custos operacionais reduzidos, além de dar à equipe de manutenção da indústria tranquilidade no desempenho das tarefas diárias.

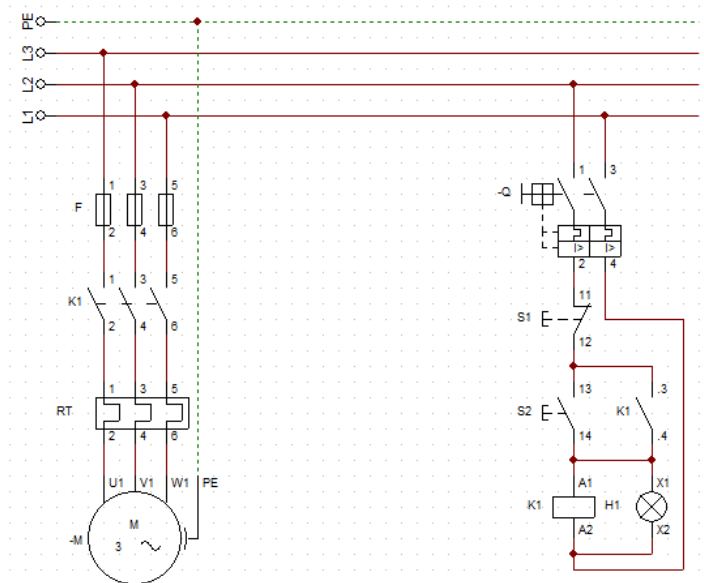
Os critérios de seleção para o método de partida adequado envolvem considerações quanto à capacidade de instalação, requisitos da carga a ser considerada, além da capacidade do sistema gerador. O que diz respeito a proteção dos sistemas de partida dos motores e componentes designados a sua efetivação não são o foco deste trabalho.

Portanto, a seguir serão apresentados os mais métodos de partidas mais utilizados e suas características particulares.

2.8.2.1 PARTIDA DIRETA

É o método mais simples, na qual são utilizados apenas contactores, disjuntores ou chaves interruptoras (Figura 13) (MAMEDE, 2015). Apresenta as três fases ligadas diretamente ao motor, o que ocasiona um pico de corrente. (FRANCHI, 2008). Dessa forma, é recomendado que seja utilizada para motores de até 7,5cv. Além disso, a chave de partida direta é um dispositivo pelo qual o motor parte com valores plenos de conjugado e de corrente de partida, pois suas bobinas recebem a tensão nominal de serviço. (DRAKA, 2012)

Figura 13 - Diagrama de Força e Comando de Partida Direta



Fonte: Autor, (2022).

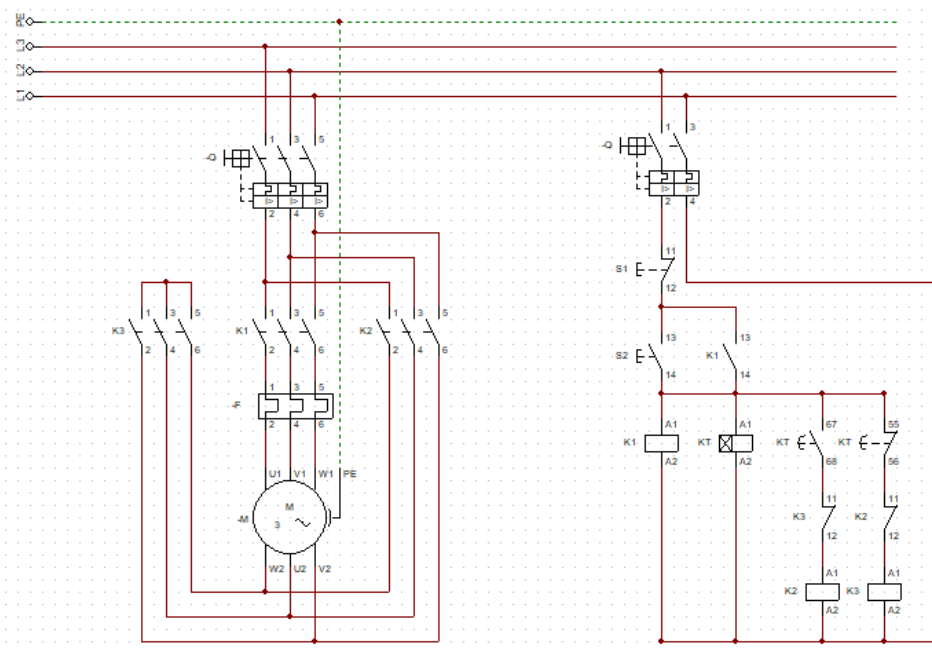
- **Vantagens:** equipamentos simples e de fácil construção e projeto; conjugado de partida elevado; partida rápida; baixo custo. (FRANCHI, 2008)
- **Desvantagens:** acentuada queda de tensão no sistema de alimentação da rede; superdimensionamento dos sistemas de acionamento; imposição das concessionárias que limitam a queda de tensão da rede. (FRANCHI, 2008)

2.8.2.2 PARTIDA ESTRELA-TRIÂNGULO

Chave de partida utilizada principalmente em instalações elétricas industriais sobrecarregadas e para partida de máquinas a vazio e motores com potência superior a 7,5cv (Figura 14), pois a partir daí é apresentada uma curva do conjugado de motor suficientemente elevada. De acordo com MAMEDE (2015), o procedimento de acionamento é feito, inicialmente com 58% da tensão nominal, e persiste até que este alcance uma velocidade próxima a de regime, quando, então, esta é desfeita e executada a ligação em triângulo, assumindo a tensão nominal.

Só é possível o acionamento de um motor com esse tipo de partida se este dispor de seis terminais acessíveis e dispor de dupla tensão nominal, tal como 220/380V ou 380/660V.

Figura 14 - Diagrama de Força e Comando de Partida Estrela-Triângulo



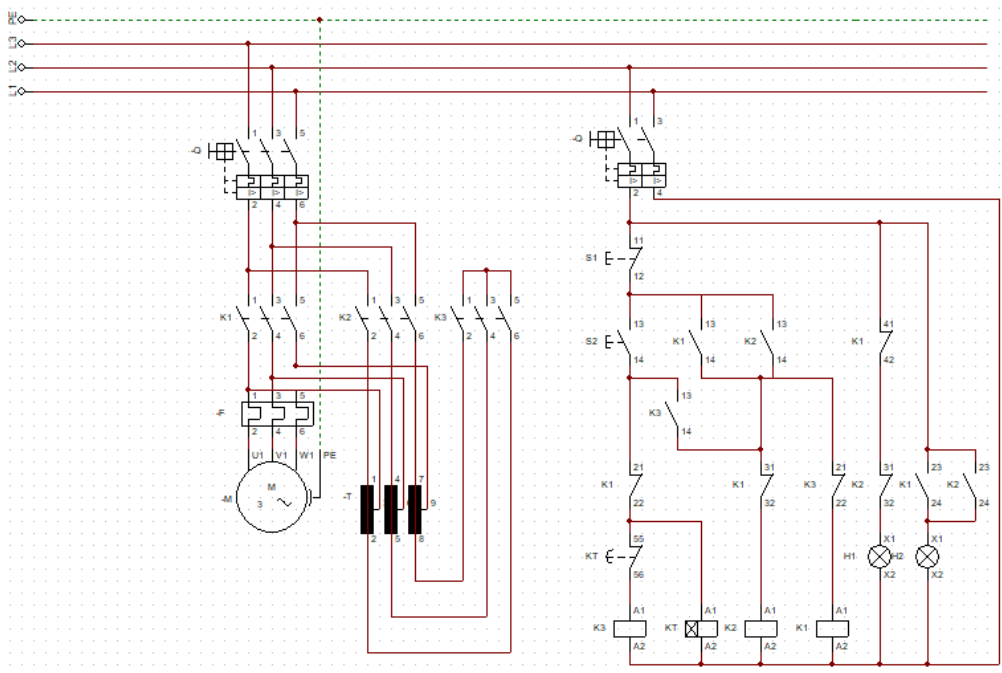
Fonte: Autor, (2022).

- **Vantagens:** baixo custo; elevado número de manobras; corrente de partida reduzida a 1/3 da nominal; baixa queda de tensão dimensões de sistema relativamente reduzidas. (MAMEDE, 2015)
- **Desvantagens:** aplicação limitada; conjugado da partida reduzido a 1/3 do nominal; tensão da rede deve coincidir com a tensão na chave em triângulo; o motor deve alcançar, pelo menos, 90% de sua velocidade de regime para que, durante a comutação a corrente de pico não atinja valores elevados, próximos, portanto, da corrente de partida com acionamento direto. (MAMEDE, 2015)

2.8.2.3 PARTIDA COMPENSADORA

Empregada em motores de potência elevada- acima de 50cv, que acionam cargas com alto índice de atrito. É composta basicamente de um autotransformador, contadores, um relé de sobrecarga, fusíveis retardados e relé de tempo (Figura 15). Esse auto transformador apresenta várias derivações que possibilitam a regulação da partida e geralmente são de 65% e 80%, e é ligado ao circuito estator com o ponto estrela curto-circuitado durante a partida que é desfeito assim que o motor é conectado diretamente à rede.

Figura 15 - Diagrama de Força e Comando de Partida Compensadora



Fonte: Autor, (2022).

- **Vantagens:** na derivação 65%, a corrente de partida na linha se aproxima do valor da corrente de acionamento utilizando a partida estrela-triângulo; a comutação da derivação de tensão reduzida para tensão de suprimento não acarreta elevação da corrente, já que o autotransformador se comporta, nesse instante, semelhantemente a uma reatância; variações gradativas de tape que possibilitam a adequação à capacidade do sistema de suprimento.
- **Desvantagens:** custo superior; diminuições normalmente superiores à chave de partida estrela-triângulo acarretam o aumento do volume dos Centros de Controle dos Motores (CCM)

2.8.2.4 PARTIDA POR INVERSOR DE FREQUÊNCIA

Similar a *softstarter*, o inversor de frequência é uma partida eletrônica de acionamento, porém permitindo velocidade variável para motores de indução trifásicos (Figura 16). Apresenta excelente performance estática e dinâmica, controle preciso de torque, velocidade, posicionamento e alta capacidade de sobrecarga, permitindo economia de energia elétrica, contudo seu custo é levado em relação a *softstarter* e as

demais partidas e geralmente não é empregado aos sistemas de combate a incêndio. (FRANCHI, 2008)

Figura 16 - Inversor de Frequência ALTIVAR 31



Fonte: Schneider Electric, (2022).

2.8.2.5 PARTIDA POR CHAVES ESTÁTICAS (*SOFTSTARTER*)

Conhecidas como *softstarter*, são destinadas à aceleração, desaceleração e proteção de motores de indução trifásicos. O controle da tensão aplicada ao motor, mediante o ajuste do ângulo de disparo dos tiristores, permite obter partidas e paradas suaves. com o ajuste adequado das variáveis, o torque produzido é ajustado à necessidade da carga, garantindo, desta forma, que a corrente solicitada seja a mínima necessária para a partida. (SOUZA, 2019)

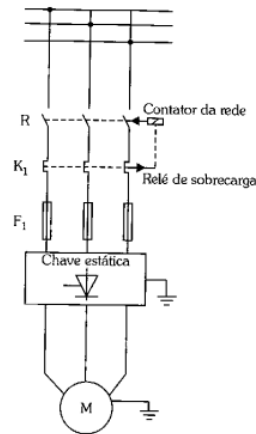
- **Vantagens:** ajuste da tensão de partida por um tempo pré-determinado; proteção contra falta de fase, sobrecorrente e subcorrente; corrente de partida moldada de maneira que garanta uma performance melhor que as demais partidas; pulso de tensão para cargas com alto conjugado de partida.
- **Desvantagens:** a presença de ponte de tiristores provocam a perda de potência se continuarem ligados a partida; redução de torque na partida.

2.8.2.5.1 TIPOS DE LIGAÇÃO COM *SOFTSTARTER*

2.8.2.5.1.1 LIGAÇÃO DIRETA

Nessa ligação (Figura 17) o motor é conectado diretamente ao *softstarter*

Figura 17 - Ligação Direta com Chave Estática

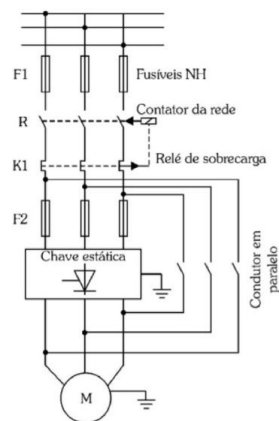


Fonte: Franchi, (2008).

2.8.2.5.1.2 LIGAÇÃO COM CONTADOR EM PARALELO (CONTADOR DE *BY PASS*)

Utiliza de um contator para quando o motor estiver em regime. Essa ligação é feita para reduzir as perdas na *softstarter* quando o motor estiver operando normalmente (Figura 18).

Figura 18 - Ligação com Contador de *By Pass* e Chave Estática

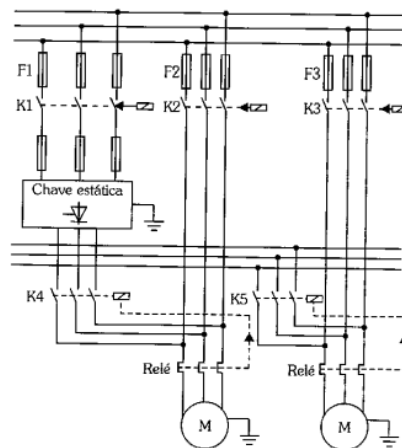


Fonte: Franchi, (2008).

2.8.2.5.1.3 LIGAÇÃO EM PARTIDA SEQUENCIAL DE DIVERSOS MOTORES

Nessa ligação (Figura 19) é partido um motor, e após isso, esse motor é alimentado com tensão de rede e a *softstarter* fica liberada para efetuar a partida de outro motor (FRANCHI 2008). Isso reduz os custos das partidas, desde que sejam utilizados motores com mesmas características de potência e carga.

Figura 19 - Ligação Sequencial de Motores com Chave Estática

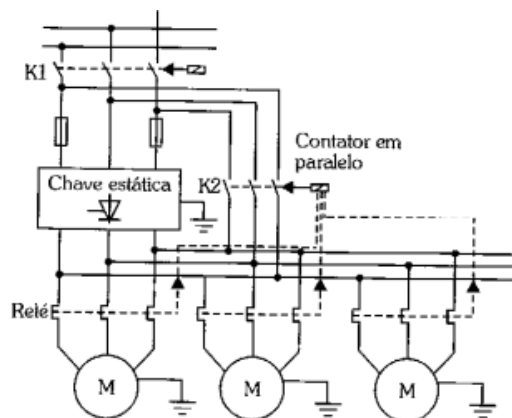


Fonte: Franchi, (2008).

2.8.2.5.1.4 LIGAÇÃO SIMULTÂNEA DE DIVERSOS MOTORES

Para que seja possível, é necessário que a capacidade da *softstarter* seja maior ou igual a soma das potências de todos os motores. A Figura 20 representa a ligação realizada

Figura 20 - Ligação Simultânea de Diversos Motores com Chave Estática



Fonte: Franchi, (2008).

2.8.3 CLASSIFICAÇÃO DAS MOTOBOMBAS

Motobomba é um equipamento utilizado para transferir água ou outros líquidos, de um lugar para outro. Existem diversos tipos de motobombas, são elas: axiais, radiais/centrífuga, parafuso, diagonal, palheta etc. Contudo, nos sistemas de combate a incêndio é desejável que o sistema possua grande fluxo de água, baixo (menor ou igual a 15mca) ou média (entre 15 e 50mca) pressão d'água. Por isso para a motobomba principal desses sistemas é comumente utilizado a motobomba radial/centrífuga acoplada a um motor elétrico ou a combustão. (SOUZA, 2019).

2.8.3.1 ACOPLADA A UM MOTOR ELÉTRICO

Apresentam maior segurança e confiabilidade aos usuários. As motobombas centrífugas série BPI são ideais para sistemas de prevenção e combate a incêndios. Com modelos de 1/2cv até 100cv, proporcionam uma ampla gama de opções e também podem ser utilizadas em rede de hidrantes, rede de sprinklers e sistema fixo de espuma adaptado à rede de hidrantes. (SCHNEIDER BOMBAS, 2018).

2.8.3.2 ACOPLADA A UM MOTOR DE COMBUSTÃO

As mais conhecidas são as motobombas de incêndio a diesel e podem ser fornecidas com sistemas de arrefecimento por radiador convencional ou trocador de calor, dependendo do arranjo físico previsto no projeto (casa de bombas) para alocação dos conjuntos. São projetadas e fabricadas para atender aos rigorosos requisitos construtivos das normas nacionais NBR-10.897 e NBR-13.714 (padrão bombeiro), além de atender as exigências da NFPA-20, norma internacional referência sobre conjuntos motobombas aplicados em sistemas de bombeamento de sistemas de incêndio (GERMEK, 2018)

2.9 PAINÉIS ELÉTRICOS

Os painéis elétricos são essenciais para a distribuição e proteção de circuitos elétricos, seja em casos industriais ou residenciais, pois corresponde ao conjunto de dispositivos de manobra associado aos equipamentos de proteção, comando, medição e controle. Podendo ainda ser complementados por acessórios essenciais para seu

funcionamento instalados em estruturas de suporte internas à um cubículo metálico, estes obedecem a diretrizes impostas pelas normas ABNT NBR IEC 60050 (441) e ABNT NBR IEC 60050 (151).

A seguir, serão descritos os modos de classificar os painéis elétricos quanto o seu nível de tensão, funcionalidade e forma construtiva, e, as características técnicas nominais essenciais na aplicação dos painéis.

2.9.1 CLASSIFICAÇÕES DOS PAINÉIS ELÉTRICOS

Podem ser classificados quanto:

- **Nível de tensão** – Está relacionado à classe de tensão dos equipamentos que compõem o quadro. Estes podem ser divididos em dois níveis:
 - Painéis de baixa tensão: são aqueles que, em seu interior, estão reunidos equipamentos e dispositivos dos quais o nível de tensão é igual ou inferior a 1.000V, e possuem diversas aplicações, como:
 - Centro de Controle de Motores (CCM), para a alimentação de motores elétricos;
 - Quadro de Distribuição de Luz (QDL), para a alimentação de circuitos de iluminação;
 - Quadro Geral de Força (QGF), quando suprem diversos painéis por meio da alimentação de um ou mais transformadores;
 - Para alimentação de instalações residenciais e/ou equipamentos específicos.
 - Painéis de média tensão: são aqueles que apresentam em seu interior equipamentos e dispositivos de controle, manobra, proteção e medição que operam em um nível de tensão entre 1.000V e 50 kV.
- **Funcionalidade** – Os painéis podem assumir diversas aplicações dentro de um sistema. O que define qual será a sua função são os dispositivos que o constitui. Sendo assim, temos:

- Painel de controle: quando nele estão instalados dispositivos e circuitos para realizar o controle de equipamentos a partir de sinais enviados por relés ou outros dispositivos
 - Painel de comando: abriga equipamentos responsáveis pelo comando e manobra de circuitos de baixa ou média tensão, como chaves seccionadoras, disjuntores, etc.
 - Painel de medição: apresenta em seu interior aparelhos para medição de parâmetros elétricos, com demanda e consumo de energia elétrica, por exemplo.
 - Painel para banco de capacitores: composto por unidades capacitivas, chaves de controle e, em certos casos, controlador de fator de potência para evitar pagamentos por excessos de reativos no sistema devido a instalação.
- **Forma construtiva** – Diz respeito ao formato dos painéis. Podem ser:
 - Painel do tipo armário: constituído de uma única coluna fechada, do tipo assentado ao piso (autoportante), podendo ser dotado de várias compartimentos ou subseções. Observe a Figura 21:

Figura 21 – Painel Elétrico Tipo Armário



Fonte: Elétrica Predial, (2022).

- Painel do tipo multicolumnas: também conhecido como múltiplas colunas, corresponde a conexão de várias colunas ou armários, mecanicamente unidas. Observe a Figura 22.

Figura 22 - Painel Elétrico Tipo Multicolunas



Fonte: Monter, (2022).

- Painel do tipo mesa de comando: corresponde ao tipo fechado, apresentado na posição horizontal na forma de mesa, podendo ser ainda inclinado em até 15° ou uma junção de ambos, de forma a facilitar o acesso aos dispositivos de controle, medição, sinalização, etc. Observe a Figura 23.

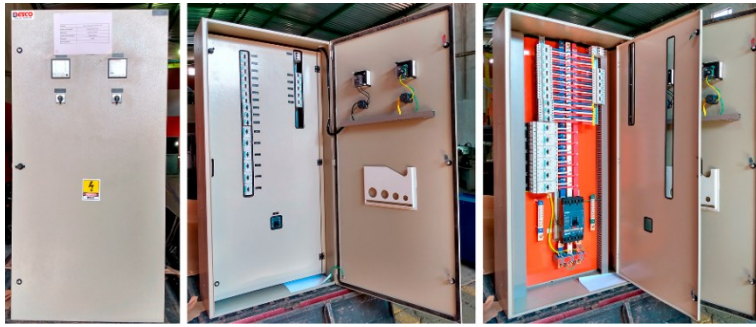
Figura 23 - Painel Elétrico Tipo Mesa de Comando



Fonte: Citisystems, (2014).

- Painel do tipo modular: conjunto fechado em formato de caixa, com instalação normalmente a ser feita na posição vertical. Importante ressaltar que esse tipo de painel é o mais utilizado para os aplicados em sistemas de combate ao incêndio, visto seu formato e facilidade de acesso. Observe a Figura 24 a seguir.

Figura 24 - Painel Elétrico Tipo Modular



Fonte: Desco Automação e Robótica, (2022).

- Painel do tipo multimodular: composto pela combinação lateral de dois ou mais conjuntos metálicos, com barramentos e cabos passando pela abertura nas faces laterais das caixas adjacentes interligadas. Observe a Figura 25.

Figura 25 - Painel Elétrico Tipo Multimodular



Fonte: Citisystems, (2014).

Painel do tipo fixo e extraível: composto por gavetas extraíveis ou equipamentos como chaves e disjuntores. Estes podem ser retirados sem auxílio de ferramentas, estando o painel energizado ou não, desde que o ramal que necessita de intervenção esteja desconectado. Observe a Figura 26.

Figura 26 - Painel Elétrico Tipo Fixo e Extraível



Fonte: Rio Tech, (2022).

2.9.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS NOMINAIS

Todos os painéis elétricos, assim como todo equipamento e artifício que lida com eletricidade, precisa apresentar de forma clara suas limitações de operação para garantir seu funcionamento adequado. Dessa forma, a seguir serão apresentadas as principais especificações técnicas que estão atreladas ao uso dos painéis elétricos, e são essenciais para o conhecimento profissional.

- Tensão Nominal – É a tensão nominal de operação a que é submetido o painel em condições normais de operação. Nos circuitos trifásicos, a tensão nominal é a tensão entre fases.
- Tensão Nominal de Isolamento – Consiste no valor de tensão para qual os ensaios dielétricos e distância de escoamento são referidas. Importante ressaltar que o valor de tensão nominal de operação máxima do conjunto não pode ultrapassar a tensão nominal de isolamento.
- Corrente Nominal de Regime Contínuo – Enquanto que a corrente nominal é dada em função da capacidade individual de seus componentes nas condições de operação exigidas, a corrente nominal de regime contínuo representa o valor de corrente que deve ser conduzida pelo painel e pelos componentes sem que haja elevação de temperatura superior ao valor definido por norma para cada componente.
- Corrente Dinâmica Nominal de Curto-circuito – É o valor de pico da corrente de curto-circuito o circuito principal possa conduzir, em condição de ensaio, sem que qualquer componente do painel possa ser danificado.

- Corrente Térmica Nominal de Curto-circuito – Valor eficaz da corrente de curto-circuito que o circuito principal pode conduzir por 1s ou pelo tempo especificado pelo fabricante em condições de ensaio, sem que qualquer componente do painel possa ser danificado termicamente.
- Corrente Nominal Condicional de Curto-circuito – Maior valor da corrente de curto-circuito, seja monofásico-terra ou trifásico, que o circuito principal do painel pode ser submetido, e que deve estar protegido por um dispositivo de proteção contra curto-circuito, especificado pelo fabricante.
- Frequência Nominal - Frequência em que todos os elementos do painel operam em condições nominais, podendo variar em até 2%, ou qualquer valor que seja especificado pelo fabricante.
- Temperatura Ambiente – Valor máximo de temperatura e pode ser definida a partir de duas condições: para instalações ao tempo ou instalações abrigadas.
 - Temperatura ambiente para instalações abrigadas: operação do painel ocorre em um ambiente no qual a temperatura máxima não excede o valor normativo de +40°C e, em um período médio de 24 horas, não exceda +35°C, sendo o valor mínimo inferior de -5°C para locais com clima tropical.
 - Temperatura ambiente para instalações ao ar livre: o painel elétrico opera em ambiente no qual a temperatura máxima não ultrapassa o valor normativo de +40°C, e em um período médio de 24 horas, não exceda o valor de +35°C, sendo o valor mínimo inferior de -25°C para locais com clima tropical.

3 METODOLOGIA DE IMPLEMENTAÇÃO

Para que seja possível a implementação de painéis para o controle de sistemas de combate ao incêndio é necessário garantir que o funcionamento das instalações e do sistema sejam efetivas. Com esse objetivo alguns procedimentos, execução e materiais devem ser empregados em concordância com as normas relacionadas a esta aplicação. Dessa forma, neste capítulo serão apresentados e descritos os procedimentos, dimensionamento do quadro elétrico de comando e força, materiais envolvidos e modelo de *checklist* para mensuração de concordância das instalações segurança e pontos de foco a serem considerados para a projeção e efetivação do uso dos painéis responsáveis pelo acionamento dos motores e dispositivos que compõem os sistemas de combate a incêndio.

3.1 DIMENSIONAMENTO E PROJETO DO QUADRO ELÉTRICO

Todo projeto é construído a partir da finalidade do circuito, e no caso aqui descrito, o acionamento de um sistema. Para isso é necessário haver uma lógica que relacione as formas de operação como também da atuação da proteção.

Os projetos são compostos por diagramas elétricos que consistem em representações por meio de esquemas que norteiam as conexões de alimentação, acionamento e proteção de dispositivos a partir das singularidades da aplicação.

Para um acionamento eficiente, é essencial que a maneira como os dispositivos operam, tanto em caso de ligamento e desligamento como no caso de falhas, esteja clara. Ademais, é importante observar a alimentação do sistema assim como prever os dispositivos de proteção. Esse esquema de ligação e todos os dispositivos envolvidos formam o diagrama de comando.

Como os diagramas de comando têm por finalidade não apenas o acionamento de cargas, mas também a proteção, pode-se analisa-los separadamente, ainda que seus funcionamentos sejam dependentes e interligados: o circuito de força e o de comando. No circuito de força, composto por equipamentos mais robustos, circulam correntes mais elevadas e no de comando, apenas as correntes necessárias para acionar os dispositivos

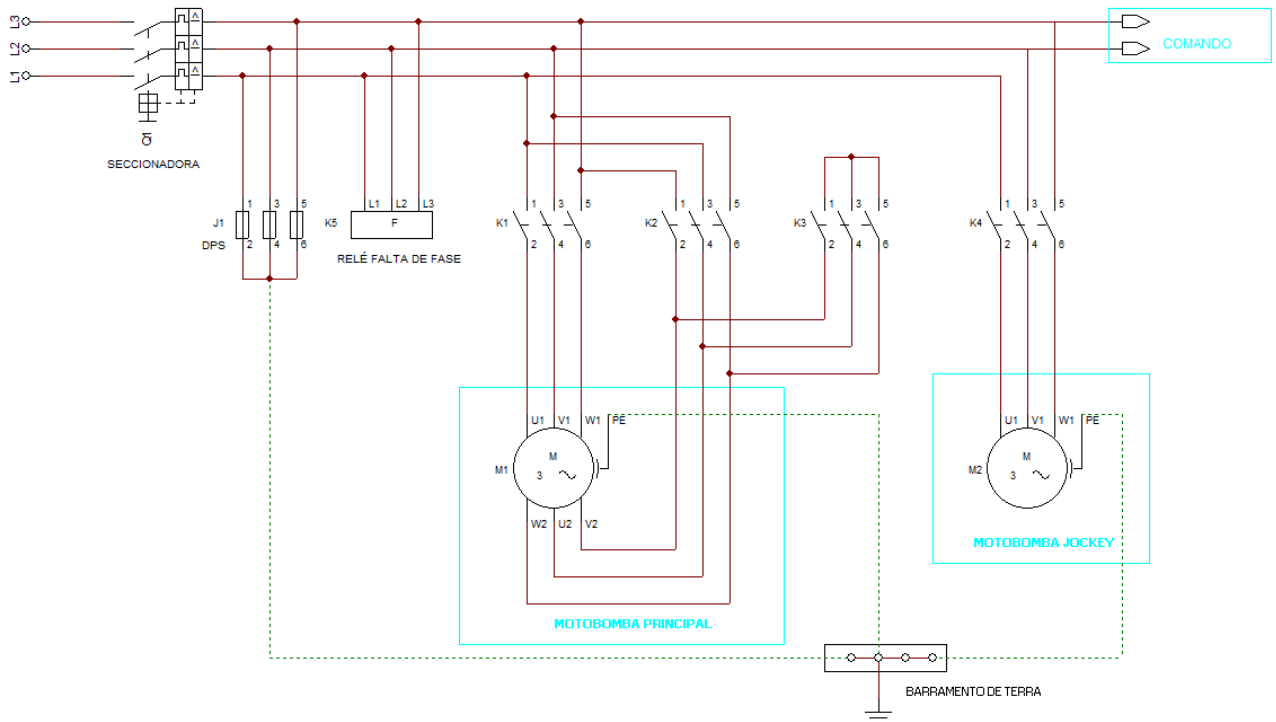
de seccionamento e proteção, sendo possível dessa maneira, uma construção isolada dos dois circuitos, proporcionando uma maior segurança ao sistema.

Diante disso, a seguir serão apresentados os circuitos de força e comando destinado ao acionamento automático e manual de motobombas aplicadas em sistemas de combate a incêndio.

3.1.1 CIRCUITO DE FORÇA

Considerando as boas práticas das leituras e interpretações de projetos, a análise do circuito de força será feita seguindo a ordem de cima para baixo, da esquerda para a direita. A Figura 27 apresenta o circuito de força simulado para esta aplicação.

Figura 27 - Circuito de Força



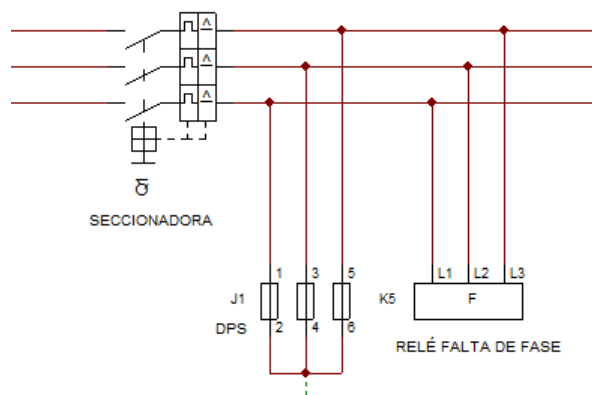
Fonte: Autor, (2023).

Inicialmente, observa-se na Figura 28 que contém detalhes sobre a proteção aplicada ao sistema em simulação, o elemento Q1 que consiste em uma chave seccionadora que permite a desenergização e bloqueio por cadeado, caso seja necessário fazer manutenção no quadro ou remoção do motor elétrico com segurança. O elemento J1 corresponde a um Dispositivo de Proteção contra Surtos (DPS), comumente utilizado

em instalações elétricas e apresenta a função de detectar sobretensões na rede, desviando as correntes de surto que possam danificar o funcionamento do sistema.

Posteriormente, em K5, tem-se um relé falta de fase que é responsável por proteger o sistema caso ocorra a falta de alguma das fases encarregadas por alimentar o sistema, podendo assim danificar os motores e/ou os dispositivos A utilização desse componente é indispensável, como aponta o subitem “C” da NT 015 (2016), para a construção do painel elétrico visto sua responsabilidade quanto a conservação do sistema. Importante ressaltar ainda que existem relés de falta de fase capazes de detectar a sequência incorreta das fases, a assimetria no ângulo de defasagem das fases, ausência do neutro, etc., que aumenta a proteção dos dispositivos envolvidos do sistema. Para definir o relé que será utilizado, é relevante observar o nível de tensão o qual ele estará submetido e o limite de corrente de condução suportada pelo mesmo.

Figura 28 - Detalhe da Proteção do Circuito de Força



Fonte: Autor, (2023).

Em seguida, para a ativação das motobombas anti-incêndio, é necessário entender sobre o fornecimento de energia elétrica para a instalação, mais especificadamente sobre a categorização do ramal de entrada, alimentação e partida dos equipamentos. No caso das concessionárias do Grupo Energisa, essa padronização se dá por meio das NDUs 001, 002 e 003 atentando-se as limitações impostas sobre o nível de tensão demandada, a classificação do ramal de entrada (aéreo, subterrâneo ou utilizando subestações), os equipamentos envolvidos como disjuntor, tipo de medição, condutor, eletroduto e o poste para o atendimento, e, a utilização de determinadas cargas como os motores e o seu acionamento, por exemplo.

No caso dessa aplicação, como a NT 015(2016) limita a utilização de dispositivos eletrônicos para a partida dos motores com *softstarter* ou inversor de frequência,

especificado por meio do item C.2.17.1, é possível determinar o tipo de partida que possa ser utilizada para o acionamento das motobombas por meio da Tabela 1.

As especificações dos condutores utilizados nas conexões de cada elemento são determinadas de acordo com a potência das cargas (no caso, as motobombas) e do nível de tensão de fornecimento de energia do estabelecimento.

Tabela 1 - Dispositivo de Partida de Motores

Tipo de Partida	Tipo de Chave	Potência do Motor (CV)	Tensão Secundária (V)	Taps	Taps de Partida
	Estrela/ Triângulo	$5 < P \leq 40$	220/127	-	-
		$7,5 < P \leq 40$	380/220		
	Série Paralelo	$5 < P \leq 40$	220/127	-	-
		$7,5 < P \leq 40$	380/220		
	Chave	$5 < P \leq 40$	220/127	50, 65, 80	50
	Compensadora	$7,5 < P \leq 40$	380/220		
Indireta Automática	<i>Softstarter</i>	Sem restrições	380/220	Igual a chave série – paralelo desde quem vem os valores em ohms das resistências ou iguais ou maiores que o valor obtido da relação $60 \div CV$ (220/127) e $160 \div CV$ (380/220)	

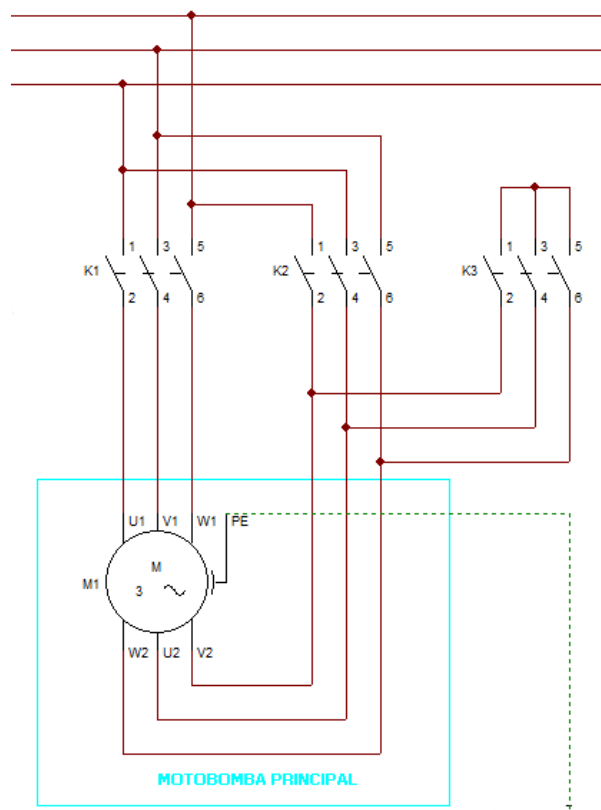
Fonte: (Energisa, 2019) Adaptado.

A partida estrela-triângulo corresponde ao método de partida empregada para a motobomba principal da simulação apresentada na Figura 29, e seu acionamento é feito por meio dos contatores K1, K2 e K3. Nessa técnica, durante a partida em estrela, o conjugado e a corrente de partida ficam reduzidas a 1/3 de seus valores nominais, ou seja, o motor inicia seu funcionamento em estrela, com 58% da tensão nominal (FRANCHI,2008). Portanto, motor só pode partir através de chave estrela-triângulo quando o seu conjugado, na ligação estrela- quando assume 100% da tensão nominal, for superior ao conjugado da carga no eixo (MAMEDE, 2015). Ou seja, quando o torque for suficientemente elevado para acionar a carga. Como a carga em questão corresponde a vazão do sistema, isso significa que o acionamento será efetivo quando ocorrer a comutação da partida elétrica estrela para triângulo, a partir do momento em que a tensão elétrica atingir o valor adequada requerida pelo motor.

No que diz respeito a comutação de estrela- triângulo, diante das especificações citadas, o item C.1.9. da NT 015(2016) pode ocasionar questionamento quando analisado junto ao item C.2.17.2. que estabelece o período de aceleração do motor limitado a 10s. Dessa forma, é recomendado o ajuste diante do menor tempo (10 segundos) no *timer* do relé temporizador responsável pela mudança da partida estrela para triângulo do motor elétrico quando este alcançar uma velocidade próxima da velocidade de regime e conseqüentemente, o acionamento da bomba hidráulica.

Diante do exposto, este aspecto de suavização dos efeitos da partida e o seu baixo custo são as principais motivações de utilizar-se deste método.

Figura 29 - Circuito de Força Motobomba Principal

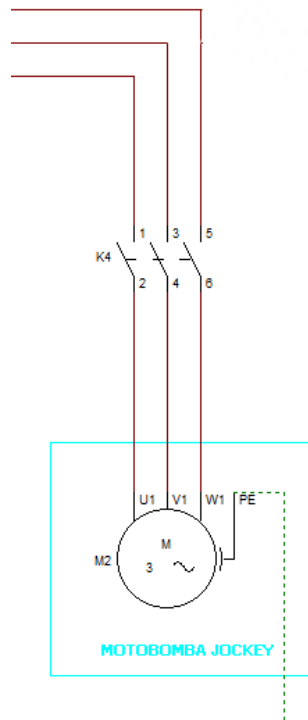


Fonte: Autor, (2023).

Já o contator K4 é responsável pelo acionamento da motobomba Jockey, que por sua vez, é responsável por suprir o sistema quando houver uma pequena queda de pressão, por exemplo um vazamento na tubulação. Como a utilização de dispositivos para partida automática dos motores é estabelecido pela Energisa para bombas a partir de 5cv, é possível utilizar as motobombas Jockey com potência inferior e considerar a partida direta, como é representado no diagrama da Figura 30. Vale salientar que a exigência de

redundância da bomba não é uma obrigatoriedade, trata-se apenas uma boa prática que aumenta a probabilidade de funcionamento e confiabilidade do sistema (SOUZA,2018).

Figura 30 - Circuito de Força Motobomba Jockey



Fonte: Autor, (2023).

Além disso, a NT 015(2016) prevê que a automatização da bomba principal ou de reforço deve ser executada de modo que, após a partida do motor seu desligamento seja somente manual no seu próprio painel de comando, localizado na casa de bombas, e a bomba Jockey pode ser acionada de maneira automática de acordo os níveis de pressão segundo o item C.1.15.2 da norma. Essa automatização deve ser realizada por meio de pressostatos, conforme apresentado na Figura 5, e ligados nos painéis de comando e chaves de partida dos motores de cada bomba.

No que diz respeito à proteção das bombas contra incêndio, recomenda-se que sejam dispensados os dispositivos de proteção contra sobrecarga e curto-circuito. Isso pode causar confusão e espanto aos projetistas por fugir do habitual, mas tal recomendação é também prevista na NBR-5410(2004):

5.34.4 Casos em que é recomendada a omissão da proteção contra sobrecargas por razões de segurança.

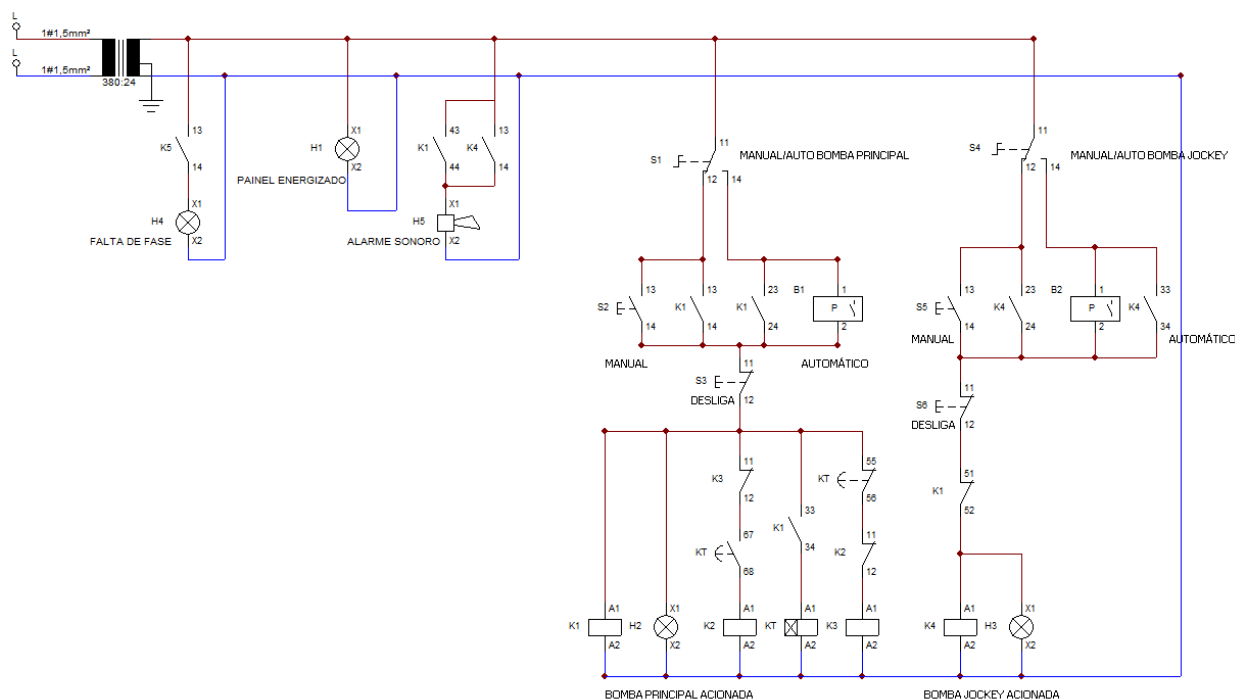
Recomenda-se omitir o dispositivo de proteção contra sobrecargas em circuitos que alimentem equipamentos de utilização, nos casos em que o desligamento inesperado do circuito suscitar uma situação de perigo ou, inversamente, desabilitar equipamentos indispensáveis numa situação de perigo. São exemplos de tais casos:

- a) Circuitos de excitação de máquinas rotativas;
- b) Circuitos de alimentação de eletroímãs para elevação de cargas;
- c) Circuitos secundários de transformadores de corrente;
- d) Circuitos de motores usados em serviços de segurança (bombas de incêndio, sistemas de extração de fumaça etc.).

3.1.2 CIRCUITO DE COMANDO

Na Figura 31 é enfatizado o circuito de comando responsável pelo acionamento dos sistemas de combate ao incêndio que será ampliada em pontos específicos para explicações detalhadas.

Figura 31 - Circuito de Comando



Fonte: Autor, (2023).

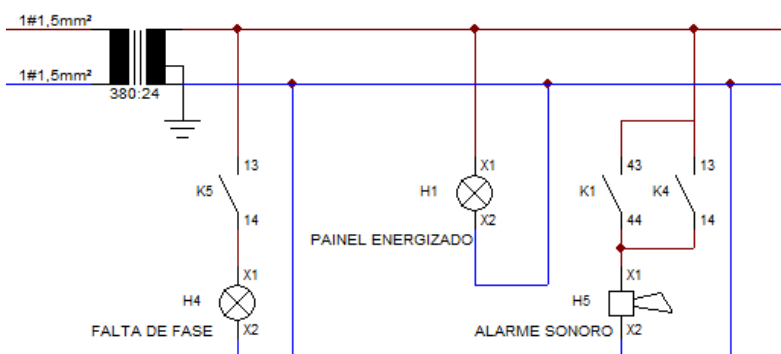
Como no diagrama a escolha foi de não trazer o neutro do painel de proteção e medição, os comandos apresentam 380V que serão reduzidos a 24 volts por meio de um transformador, para proporcionar maior segurança aos que irão manusear o quadro, como é recomendado na NBR 5410(2004) para extra baixa tensão e NR 12 (1978), que contém as diretrizes de segurança no trabalho em máquinas e equipamentos.

Seguindo o mesmo procedimento de análise e interpretação de projetos, inicialmente observa-se a presença de contato normalmente aberto (NA) do relé de falta de fase. Isso significa que, em caso de falta de fase, o relé indicará por meio do sinalizador H4 presente na face do painel elétrico como é exigido na NT 015(2016). Vale salientar que esta norma se refere a sinalizar com relação a falta de fase, porém não há sentido em sinalizar e deixar que o motor entre em funcionamento e venha a queimar em seguida, o que poderia ser reavaliado pelos órgãos competentes.

Em seguida, o sinalizador H1 é utilizado para apontar que o painel está energizado, enquanto que contatos referentes ao acionamento das bombas principal e Jockey são responsáveis pelo acionamento do alarme sonoro H5, que indicará que as bombas estão em operação.

A Figura 32 apresenta detalhes da sinalização e sonorização do painel.

Figura 32 - Detalhes da Sonorização e Indicação de Energização e Falta de Fase



Fonte: Autor, (2023).

S1 representa uma chave rotativa seletora com duas posições possíveis, automático ou manual, que permite o acionamento dos circuitos.

S2 representa uma botoeira (botão pulsante) NA que, ao ser pulsada, permitirá a energização das bobinas dos contatores K1 e K3 que são responsáveis pela partida em estrela da motobomba principal de maneira manual. Com isso, o selo em S2 é firmado pelo contato de K1 e se estabelecerá até que ocorra a interrupção da energização pela botoeira S3 normalmente fechada, responsável por desligar a motobomba.

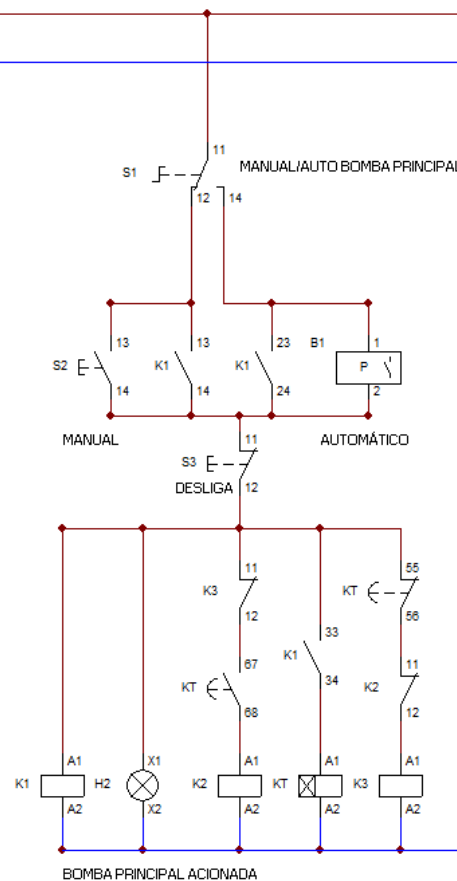
Com a excitação de K1, um contato deste permite a energização de KT, um relé temporizador estrela-triângulo que, a partir do momento em que for energizado, conta 5 segundos para a energização da sua bobina interna e conseqüentemente comutação dos estados dos contatos, bloqueando a energização de K3 e permitindo K2. Ou seja, impedindo a energização simultânea de K2 e K3 para que não ocorra um curto circuito e comutando a partida estrela para triângulo, atingindo assim o regime pleno do conjugado do motor.

No acionamento automático, sua função será similar a manual, entretanto a partida se dará por meio do pressostato simbolizado por B1- que, fisicamente, é instalado na tubulação de água a jusante da bomba de válvula unidirecional, no qual sua operação é dada pelo fechamento do contato NA quando a pressão do sistema for menor que a pressão pré ajustada. Essa queda de pressão ocorre quando há abertura de um hidrante ou vazamentos indesejados, ocasionando a performance do pressostato similar ao de uma botoeira, e por isso a utilização da bomba Jockey.

Para desativar este sistema, a norma NT 015(2016) especifica que sua desenergização deve ser feita manualmente, o que justifica a presença da botoeira S3 para esse modo de operação também.

Os detalhes do circuito de acionamento da bomba principal podem ser visualizados na Figura 33.

Figura 33 - Acionamento Motobomba Principal



Fonte: Autor, (2023).

Além disso, no que diz respeito ao acionamento da bomba Jockey, seu comando é bastante similar ao da bomba principal, diferenciando-se que por ser uma bomba de potência menor. Ela será acionada através de uma partida direta utilizando o contator K4 e sua ativação ocorre de maneira manual por meio da botoeira S5, ou automática a partir do pressostato, sendo sua desativação realizada pela botoeira S6. O contato de K1 presente neste circuito é responsável em impedir o acionamento simultâneo das bombas.

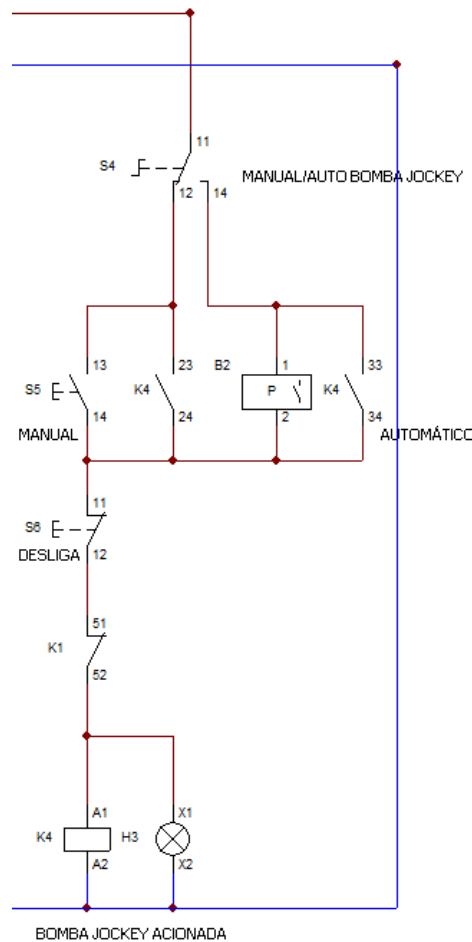
O pressostato da bomba Jockey apresentará um modelo diferente do responsável pelo acionamento da bomba principal, possuindo este, dois níveis de ajuste, o máximo e

o mínimo, para que, quando houver queda de pressão, o elemento B2 feche o contato até que a pressão atinja o nível superior ao ajustado (SOUZA,2018)

Vale ressaltar que o nível mínimo deste pressostato deverá ser maior que o nível mínimo do pressostato da bomba principal, pois é esperado que as quedas de pressão suaves sejam supridas pela bomba Jockey. Quando a queda de pressão for abrupta, a bomba Jockey não conseguirá suprir a queda de pressão, acionando o pressostato da bomba principal que, através do contato K1, desligará a bomba Jockey para que não funcionem simultaneamente.

Os detalhes do circuito de acionamento da bomba Jockey podem ser visualizados na Figura 33.

Figura 34 - Acionamento Motobomba Jockey

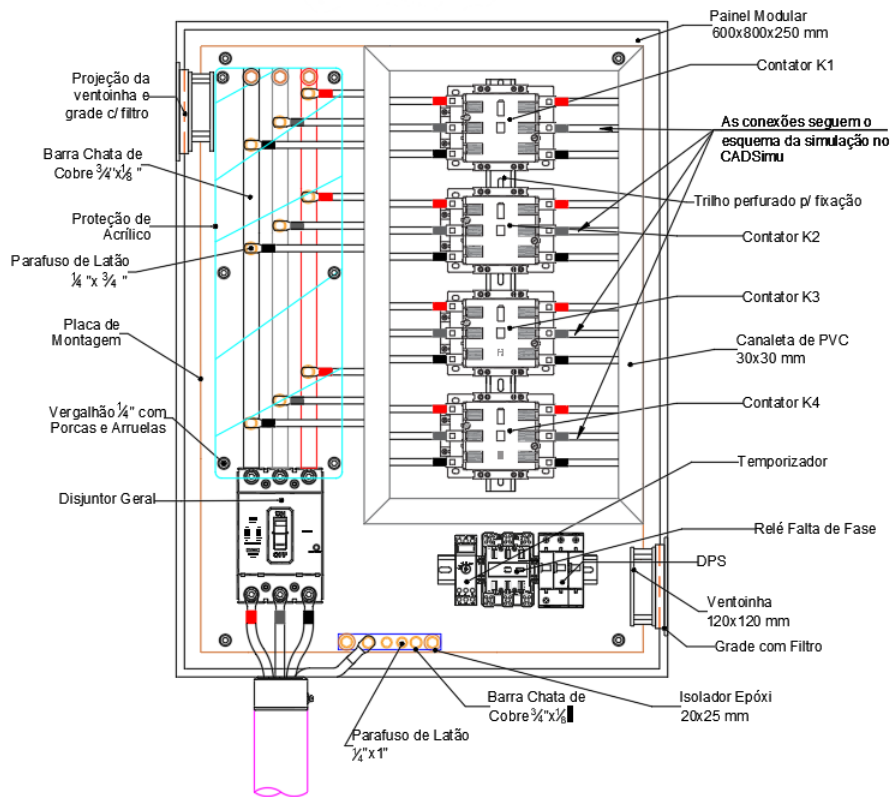


Fonte: Autor, (2023).

3.1.3 REPRESENTAÇÃO FÍSICA

Após estabelecido o funcionamento, parte para montagem do quadro elétrico. Na Figura 35 encontram-se as representações do posicionamento, com a indicação da disposição dos componentes e detalhamento dos materiais empregados para a montagem do quadro elétrico.

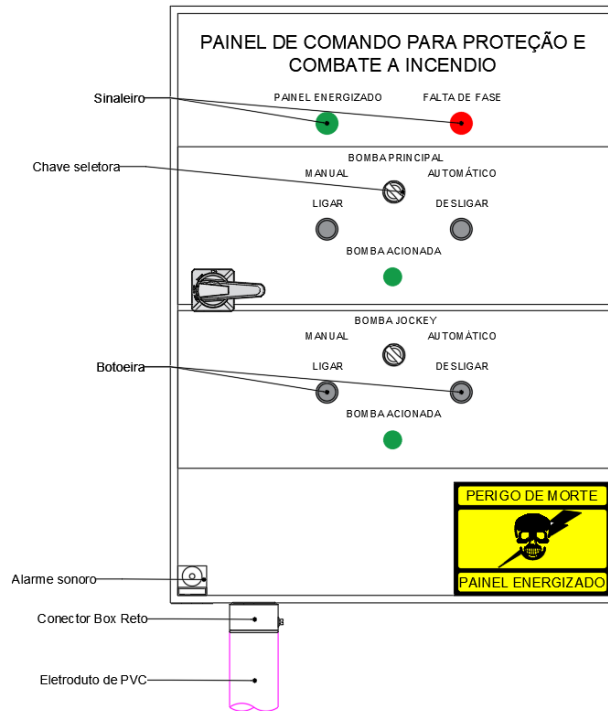
Figura 35 - Vista Interior do Painel de Comando



Fonte: Autor, (2023).

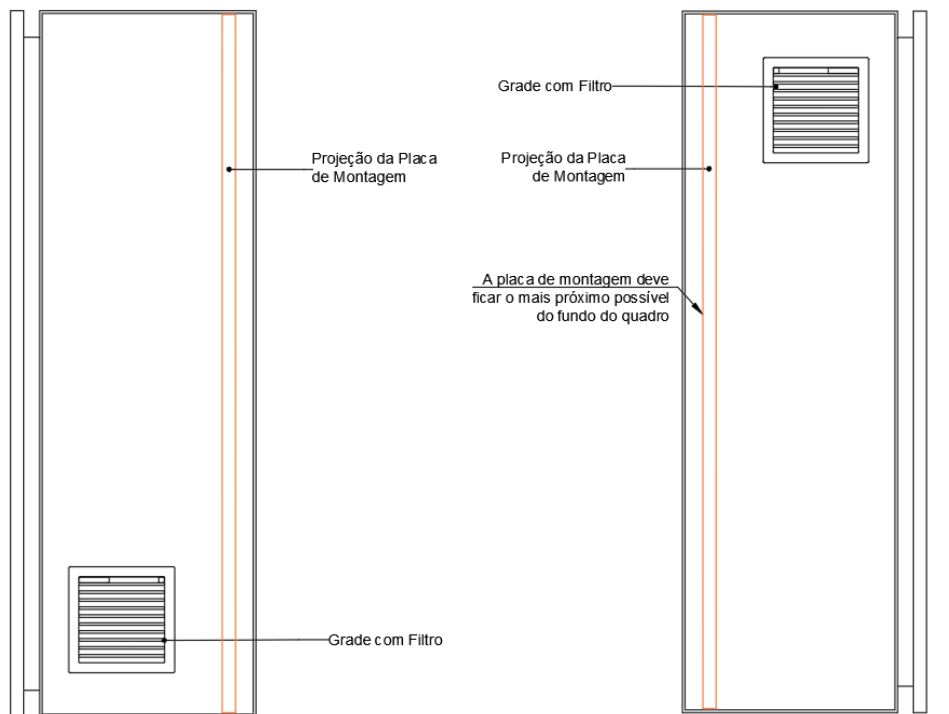
A Figura 36 representa a vista frontal externa do quadro enquanto que a Figura 37 representa as vistas laterais externa, ambas com a apresentação de informações importantes a serem seguidas como por exemplo, a nomenclatura do tipo de aplicação ao qual o painel elétrico se destina e advertências quanto ao uso.

Figura 36 - Vista Externa do Painel de Comando



Fonte: Autor, (2023).

Figura 37 - Vistas Laterais do Painel de Comando



(a) Vista Externa Lateral Direita

(b) Vista Externa Lateral Esquerda

Fonte: Autor, (2023).

Além disso, identificação dos componentes responsáveis pelo acionamento dos comandos é feita individualmente sobre cada elemento, conforme o item C.1.16.1 subitem do item C1.16 referente a sinalização do painel elétrico na NT 015 (2016).

3.2 LISTA DE MATERIAIS

A Tabela 2 representa uma lista com os materiais a serem utilizados para a montagem do quadro elétrico. As dimensões e limitações quando a faixa de operação dos dispositivos são apenas fictícias, importando apenas os materiais utilizados. Para a construção do quadro é necessário levar em conta a demanda das instalações e as características da carga a ser atendida como distância do quadro para o ramal de entrada e carga, máxima corrente suportada, nível de tensão de operação, etc.

Especificações quanto as bombas e equipamentos externos ao quadro não serão abordados neste trabalho, pois, assim como a determinação dos condutores utilizados, variam de acordo com as dimensões e serviço ao qual o estabelecimento é destinado.

Tabela 2 - Lista de Materiais

Item	Descrição	Quant.	Unid.
1	Quadro de Comando Dim.: 600 x 800 x 250 mm c/ placa de montagem	1	pç
2	Trilho de fixação para disjuntores perfurado 1 metros	2	pç
3	Canaleta de PVC 30x30x2000 mm	2	pç
4	Placa de advertência	1	pç
5	Veneziana com filtro. Dim.: 120 x 120 mm	2	pç
6	Ventilador 220 V. Dim.: 120 x 120 mm	2	pç
7	Fita isolante 10 metros - Branca	1	pç
8	Fita isolante 10 metros - Cinza	1	pç
9	Fita isolante 10 metros - Vermelha	1	pç
10	Fita isolante 10 metros - Preta	1	pç
11	Barramento de cobre 1/8" x 3/4" x 3,00 m	1	pç
12	Abraçadeira de nylon 20 cm - 100 unid.	1	pç
13	Abraçadeira de nylon 10 cm - 100 unid.	1	pç
14	Conjunto sinaleiro completo verde	3	pç
15	Conjunto sinaleiro completo vermelho	1	pç
16	Chave comutadora LIGA/DESLIGA (automático/manual)	2	pç
17	Conjunto botoeira (botão de pulso) cinza	4	pç
18	Barramento de cobre 1/8" x 3/4" x 3,00 m	1,6	kg
19	Isolador em epóxi Ø30 x 25 mm	4	pç
20	Isolador em epóxi Ø30 x 20 mm	4	pç
21	Parafusos em latão sextavado 1/4"x1/2"	30	pç
22	Parafusos em latão sextavado 1/4"x3/4"	30	pç
23	Arruela lisa em latão 1/4"	30	pç
24	Porca em latão 1/4"	30	pç

25	Cabo de cobre para comando #1,5 mm ²	50	m
26	Cabos de cobre flex com isolamento em EPR 0,6/1 kV, 90°C (definir separadamente considerando a potência das motobombas e de fornecimento de energia)	x	m
27	Placa de Acrílico 0,5m x 1m	1	pç
28	Terminal pré-isolado tipo pino para cabo flexível (definir separadamente quanto ao diâmetro de cada cabo)	x	pç
29	Terminal para compressão tipo olhal para cabo de cobre flexível (definir separadamente quanto ao diâmetro de cada cabo)	x	pç
30	Fita isolante 3M - 20m	1	pç
31	Relé Temporizador Estrela - Triângulo	1	pç
32	Relé Falta de Fase (considerar a corrente do sistema e o nível de tensão)	1	pç
33	Contactador Tripolar (considerar a corrente do sistema e o nível de tensão)	4	pç
34	Contatos auxiliares (2 NA + 2 NF)	1	pç
35	Conjunto alarme sonoro audiovisual	1	pç
36	Conector box reto (diâmetro a depender dos condutores)	1	pç
37	Dispositivo de Proteção Contra Surtos – 20kA	3	pç
38	Eletroduto de PVC (diâmetro a depender dos condutores)	x	m
39	Conjunto chave seccionadora (considerar o disjuntor)	1	pç
40	Disjuntor termomagnético (considerar a corrente do sistema e o nível de tensão)	1	pç

Fonte: Autor, (2023).

3.3 CHECKLIST AVALIATIVO

Assim como GIL (2014) destaca, questionários funcionam semelhantemente a uma técnica de investigação composta por um conjunto de questões que são submetidas a pessoas com o propósito de obter informações sobre conhecimentos, interesses, comportamento presente e passado, etc.

Importante ressaltar ainda que, considerando que muitos estabelecimentos não apresentam testes validados para avaliar a concordância dos painéis elétricos destinados ao acionamento de sistemas anti-incêndio, é essencial prezar pela uniformização dos mesmos e de maneira a facilitar o manuseio mantendo ainda os princípios de segurança e funcionalidade dos equipamentos.

Diante disso e do que apontam os estudos e observância dos profissionais no que diz respeito as características que devem se fazer presentes nos quadros elétricos para esta aplicação, o Apêndice A apresenta um modelo de *checklist* avaliativo que pode ser utilizado como modelo para a avaliação dos espaços para a implementação dos quadros elétricos já em operação ou para estabelecer observações acerca de futuras instalações.

4 CONCLUSÃO

O assunto acerca das instalações elétricas voltadas a prevenção e combate anti-incêndio é extenso e engloba diversas esferas e características peculiares, como a situação do estabelecimento e bombas a serem acionadas, normas técnicas dos bombeiros e da concessionária vigente na localidade, padrões de entrada de serviço, maneiras de monitorar e programar manutenções, a depender das condições físicas limitantes ao espaço em que esta tecnologia é empregada.

O presente trabalho de conclusão de curso teve como objetivo principal realizar um estudo abrangente sobre a aplicação de painéis elétricos no acionamento de sistemas para combate a incêndio, visando desenvolver um modelo que sirva como base para a implementação e avaliação dessa tecnologia.

Em relação à análise do processo de especificação dos componentes necessários para o desenvolvimento e aplicação dos painéis elétricos em sistemas de combate de incêndio, esse trabalho foi capaz de identificar e descrever de forma precisa os elementos-chave envolvidos nesse processo. Foram abordados os diferentes tipos de componentes elétricos, suas especificações técnicas e características necessárias para o adequado funcionamento no contexto do combate a incêndios. Essa análise contribuiu para fornecer um entendimento aprofundado sobre os requisitos técnicos que devem ser considerados na seleção e dimensionamento dos componentes dos painéis elétricos.

Além disso, o estudo empreendeu um esforço significativo para identificar e descrever as normas relevantes para o processo de implementação dos painéis elétricos. Normas importantes, como as da ABNT, e outras relacionadas ao tema foram cuidadosamente investigadas e incorporadas ao trabalho. Essa abordagem garantiu que todas as especificações e diretrizes estabelecidas por essas normas fossem consideradas durante o desenvolvimento e simulação dos painéis elétricos para combate a incêndio, proporcionando uma base sólida e confiável para a implementação dessa tecnologia mostrando-se tais normas, serem suficientes para a implementação e orientação aos profissionais, exceto nas limitações impostas a respeito dos artificios, como por exemplo, a necessidade da partida dos motores ser exclusivamente magnética.

Ademais, foram estabelecidos processos e checklists avaliativos para a aplicação dos painéis elétricos nos estabelecimentos. Esses processos visam garantir que todas as

etapas envolvidas na implementação dos painéis elétricos sejam realizadas de acordo com as normas estabelecidas, promovendo a segurança e eficiência dos sistemas de combate a incêndio. A criação desses processos e checklists proporciona uma abordagem sistemática e padronizada para a instalação dos painéis elétricos, evitando falhas e garantindo a conformidade com as regulamentações pertinentes.

Com base na análise abrangente e na consecução dos objetivos específicos, pode-se concluir que este trabalho de conclusão de curso expôs de maneira sucinta, as principais nuances que envolvem painéis elétricos em sistemas de combate a incêndio. Ao apresentar os principais elementos, artifícios e especificações dos painéis elétricos, além de considerar as normas envolvidas e estabelecer processos avaliativos, o estudo contribuiu significativamente para a compreensão e implementação eficiente dessa tecnologia no contexto do combate a incêndio. O modelo desenvolvido tem o potencial de ser amplamente utilizado como referência e guia por profissionais da área, proporcionando um embasamento sólido e prático para a aplicação dos painéis elétricos em sistemas de combate a incêndio.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 16384: **Segurança em Eletricidade**. Rio de Janeiro, 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 5410: **Instalações Elétricas de Baixa Tensão**. Rio de Janeiro, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 13860: **Glossário de termos relacionado com a segurança contra incêndio**. Rio de Janeiro, 1997.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 13714: **Sistemas de hidrantes e mangotinhos para combate a incêndio**. Rio de Janeiro, 2020.
- NORMA TÉCNICA. NT nº 015/2016 - CBMPB: **Sistema de hidrantes e mangotinhos para combate a incêndio**. Paraíba. 2016.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR 23 – **Proteção Contra Incêndios**. Brasília, DF, 2011. Disponível em: Acesso em: 13 out. 2022.
- ENERGISA. **Fornecimento de Energia Elétrica a Edificações Individuais ou Agrupadas até 3 Unidades Consumidoras**. Norma de Distribuição Unificada (NDU). 001, 2019.
- ENERGISA. **Fornecimento de Energia em Tensão Primária**. Norma de Distribuição Unificada (NDU). 002, 2019.
- ENERGISA. **Fornecimento de Energia em Tensão Primária e Secundária**. Norma de Distribuição Unificada (NDU). 003, 2019.
- ABRACOPEL, 2022, **Anuário Estatístico de Acidentes de Origem Elétrica 2022**. Disponível em: <https://abracopel.org/blog/lancado-anuario-estatistico-de-acidentes-de-origem-eletrica-2022-anobase-2021/>. Acesso em: 18 dez.2022.
- MAMEDE FILHO, João. **Instalações Elétricas Industriais**. 9 ed. Editora LTC, 2017, 976p.
- MAMEDE FILHO, J. (2005). **Manual de Equipamentos Elétricos**.3ª Ed. LTC. Rio de Janeiro.
- CREDER, Hélio. **Instalações Elétricas**. 17 ed. Editora LTC, 2022, 392p.
- FRANCHI, C. M.; **ELÉTRICOS, Acionamentos**. 4ª Edição. São Paulo. Érica, 2007, 250p.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. Editora Atlas SA, 2014.

PINTO, Pedro Azevedo. **Elaboração de um Tutorial para o Desenvolvimento de Projetos e Montagem de Painéis de Comandos Elétricos**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso. Instituto Federal de Minas Gerais.

CUNHA, João Gilberto. **Norma Regulamentadora No-10-Segurança em instalações e serviços em eletricidade–Comentada–**. São José dos Campos, São Paulo, 2010.

DRANKA, Géremi Gilson. **Análise de oscilações de tensão devido à partida de motores elétricos de grande porte em redes elétricas industriais com multialimentadores**. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

GONÇALVES, Matheus Donadio. **Re-dimensionamento de uma Bomba Centrífuga para o Sistema de Combate a Incêndio de uma Planta Industrial**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

SOUZA, Glauber Cabral. **Confiabilidade das Instalações Elétricas Destinadas a Partida de Bombas de Combate a Incêndio**. 2018.

PEREIRA, Áderson Guimarães; DE ARAUJO JR, Carlos Fernando. **ABORDAGEM DIDÁTICA DE HIDRÁULICA APLICADA AO DIMENSIONAMENTO DE SISTEMA DE HIDRANTE PREDIAIS**. TEMA-Revista Eletrônica de Ciências (ISSN 2175-9553), v. 9, n. 13/14, 2010.

BOMBAS, Schneider. **Prevenção Contra Incêndio**. Disponível em: <http://www.schneider.ind.br/produtos/motobombas-de-superficie/large/prevencao-contra-incendio>. Acesso em: 13 jan. 2023.

GERMEK EQUIPAMENTOS. **Motobombas a Diesel de Combate a Incêndio**. Disponível em: <http://www.germek.com.br/combate-a-incendio/motobombas-a-diesel-de-combate-a-incendio>. Acesso em: 10 jun.

MATTEDE, Henrique. **O que é fluxostato? Aplicações e Funcionamento**. Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-e-fluxostato-aplicacoes-e-funcionamento/>. Acesso em: 14 jan. 2023.

BEATO, Thiago. **Pressurizador de água: fluxostato ou pressostato?**. Disponível em: <https://aquecenorte.com.br/blog/pressostato-ou-fluxostato>. Acesso em: 17 jan. 2023

TESLA (Chapecó/SC). **CHAVE DE FLUXO TIPO PALHETA - FLUXOSTATO**. 2010. Disponível em: <http://teslacomercial.com.br/index.php/produtos/diversos/chave-de-fluxo-tipo-palheta-fluxostato>. Acesso em: 10 fev. 2023.

APÊNDICE A – MODELO DE CHECKLIST

AVALIATIVO

**QUESTIONÁRIO AVALIATIVO DA CONFORMIDADE DOS PAINÉIS DE ACIONAMENTO
DOS SISTEMAS DE COMBATE A INCÊNDIO**

Empreendimento:		
Proprietário:		CPF/CNPJ:
Endereço:		Município:

Finalidade do empreendimento:		
Classificação Incendiária:	() Alta () Média () Baixa	(U/m ²):
Profissional Responsável:		

Requisitos		
Fornecimento de Energia		
Classificação do Atendimento:	Atende a NDU vigente:	() Sim () Não Obs:
Painel Elétrico		
Presença de Projeto e Responsável Técnico:	() Sim () Não	Obs:
Identificação e organização dos componentes internos:	() Sim () Não	Obs:
Apresenta sinalização de acordo com a NT:	() Sim () Não	Obs:
Sistema de Combate a Incêndio		
Tipo de acionamento:	() Manual () Automático	Obs:
Presença de redutância para casos de falhas:		
Possui bomba Jockey:	() Sim () Não	Obs:
Presença de elementos adicionais de segurança (relé de falta de fase, dps, etc):	() Sim () Não	

Anotações