

CENTRO PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE ITAQUERA
PROFESSOR MIGUEL REALE

Denis da Silva

Análise comparativa do sistema de barramentos blindados *Bus-Way*

São Paulo

2024

CENTRO PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE ITAQUERA
PROFESSOR MIGUEL REALE

Denis da Silva

Análise comparativa do sistema de barramentos blindados *Bus-Way*

Projeto tecnológico elaborado como requisito parcial para a conclusão do Curso Superior de Tecnologia em Manutenção Industrial.

Orientador: Prof. Me. Thiago Paula Silva de Azevedo

São Paulo

2024

FOLHA DE APROVAÇÃO

Denis da Silva

Análise comparativa do sistema de barramentos blindados *Bus-Way*

Trabalho acadêmico realizado como requisito parcial para a conclusão do Curso Superior de Tecnologia em Manutenção Industrial.

Orientador: Prof. Me. Thiago Paula Silva de Azevedo

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Thiago Paula de Silva de Azevedo

Assinatura: _____

Instituição: FATEC ITAQUERA

Data ____/____/____

Prof. Me. _____

Assinatura: _____

Instituição: FATEC ITAQUERA

Data ____/____/____

Prof. Me. _____

Assinatura: _____

Instituição: FATEC ITAQUERA

Data ____/____/____

AGRADECIMENTOS

Obrigado mamãe, fonte inesgotável de afeto e dedicação, tudo que tenho é para a Senhora, tudo que sou é pela Senhora. Paula, sua presença e apoio continuam a ser de uma preciosidade inigualável é uma honra compartilhar essa vida sendo seu irmão; Mario, meu irmão de alma que tanto me ensinou sobre ser um homem responsável e confiável e Lívia companheira cuja presença meu coração pode rir, chorar e descansar tranquilamente e em segurança, deixo meus profundos agradecimentos por cada uma das vezes que vocês torceram e me ajudaram com detalhes constantes que contribuíram para construir um pouco do que eu posso desfrutar hoje.

Colocar os nomes em ordem nesse texto é uma coisa que nenhuma lógica seria o suficiente mas quero lembrar e citar com muito carinho o Professor Thiago de Paula Azevedo que orientou esse trabalho com primazia, ao coordenador Jean Pierre Garcia pelas aulas de altíssimo nível, ao professor Renato Ramos por suas brilhantes contribuições e meu grande amigo Marco Antônio por me auxiliar com o texto, com a experiência, com a vida.

Izabella e Felipe companheiros de caminhada, obrigado por nunca desistirem de mim e me perdoem por ser o pior amigo do mundo; Gabriel, pelas infinitas risadas e por ouvir tantas reclamações acompanhadas de um café na estação ou nas salas do Centro Social, Dona Rita que me privilegiou por ser mais uma de tantas almas que inspirou nessa vida, Rafael Pereira exemplo a ser seguido no que diz honra e dignidade; e Camila Izaque cujo trabalho perfeito foi essencial para me manter em pé.

Prima Silvia, aquele molequinho cresceu espero que você se orgulhe de mim; Padrinho Mauricio obrigado por ter feito de mim seu filho.

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho a espiritualidade que não se esqueceu de mim um dia sequer e a minha ancestralidade que me trouxe até aqui e onde tenho a honra de marcar um pequeno pedaço de história. E a minha mãe Maria Aparecida sem a qual eu nada seria.

“Vida loka é quem estuda”

Sérgio Vaz

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo realizar uma análise comparativa entre os sistemas de distribuição de energia elétrica por barramentos blindados Bus-Way e cabeamento estruturado, em aplicações comerciais. O estudo explora as principais vantagens e desvantagens de cada sistema, abordando aspectos como custo, eficiência energética, ocupação de espaço e facilidade de manutenção. Para alcançar esses objetivos, foi utilizado o método de estudo de caso, com base em dados coletados sobre um edifício de três andares, onde cada sistema foi analisado em termos de desempenho técnico e custo-benefício. Foram empregadas ferramentas como cálculos de dimensionamento, orçamentos detalhados, e análise de normas técnicas como a NBR 5410. Os resultados mostram que o sistema Bus-Way, embora apresente um custo inicial superior, destaca-se pela modularidade, e economia de espaço, o que facilita futuras expansões e adaptações. Em contrapartida, o cabeamento estruturado, apesar de ter um custo inicial mais baixo, demanda mais espaço e oferece menor flexibilidade para alterações. Conclui-se que o Bus-Way representa uma alternativa vantajosa para ambientes de alta demanda e onde a segurança e a inovação são prioridades, enquanto o cabeamento estruturado pode ser mais adequado em contextos onde o custo inicial é o principal fator de decisão.

ABSTRACT

This study aims to conduct a comparative analysis of electrical power distribution systems using Bus-Way busbar trunking and structured cabling in commercial applications. The research examines the main advantages and disadvantages of each system, focusing on factors such as cost, energy efficiency, space utilization, and maintenance ease. A case study method was used, based on data collected from a three-story building, where each system was analyzed for technical performance and cost-effectiveness. Tools employed in the research included dimensioning calculations, detailed budgeting, and technical standards analysis, such as NBR 5410. Results indicate that, although Bus-Way has a higher initial cost, it stands out for its modularity and space-saving features, which facilitate future expansions and adjustments. Conversely, structured cabling, while having a lower initial cost, requires more space and offers less flexibility for modifications. The study concludes that Bus-Way is a favorable alternative for high-demand environments where safety and innovation are priorities, while structured cabling may be more suitable for contexts where initial cost is the primary consideration.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Cabos de cobre de distribuição elétrica de um prédio. Fonte: AECWeb	14
Figura 2 - Cabos de distribuição elétrica de um prédio. Fonte: AECWeb	15
Figura 3 - Sistema de distribuição Bus-way (módulo de instalação). Fonte: Thorusengenharia16	
Figura 4 - Sistema de distribuição busway, módulos interligados. Fonte: Thorusengenharia. ..	16
Figura 5 - Imagem ilustrativa do edifício. Fonte: Autor próprio	28
Figura 6 - Projeto do edifício andar térreo. Fonte: Autor próprio	28
Figura 7 - Projeto do edifício 2º andar. Fonte: Autor próprio	29
Figura 8 - Projeto do edifício 1º andar. Fonte: Autor próprio	29
Figura 9 - Projeto do edifício terraço. Fonte: Autor próprio	30
Figura 10 - Projeto do edifício 3º andar. Fonte: Autor próprio	30
Figura 11 - Projeto do edifício vista lateral. Fonte: Autor próprio	31
Figura 12 - Caixa seccionadora tipo X. Fonte: AEC Web	36
Figura 13 - Caixa de medição e distribuição. Fonte: Exclusiva engenharia.....	36
Figura 14 - Fluxograma de execução do projeto utilizando cabos estruturados	37
Figura 15 - Fluxograma de execução do projeto utilizando barramentos blindados.....	39
Figura 16 - Cabo de cobre isolado. Fonte: Cobrecon	41
Figura 17 - Eletroduto de PVC. Fonte: Coflex	42
Figura 19 - Bus-way trecho 90°. Fonte: Flexmaster barramentos blindados.	45
Figura 20 - Bus-way derivação em X. Fonte: Flexmaster barramentos blindados.....	45
Figura 21 - Bus-way derivação em T. Fonte: Flexmaster barramentos blindados.	46
Figura 22 - Comparação de ocupação de espaço entre os sistemas. Fonte: Autor próprio	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tabela de levantamento de cargas	32
Tabela 2 - Previsão de gastos totais com mão de obra instalação em cabos estruturados.....	38
Tabela 3 - Tabela de previsão de gastos no sistema cabeamento estruturado (ABEE,2024)....	38
Tabela 4 - Previsão de gastos totais com mão de obra de instalação em barramentos blindados	39
Tabela 5 - Tabela de previsão de gastos no sistema barramentos blindados (ABEE,2024).....	40
Tabela 6 – Custos de material para cabos de 75mm ²	43
Tabela 7 - Gastos com cabos de 95mm ²	44
Tabela 8 - Orçamento de valores médios do barramento blindado (CRISPIM, 2023).....	47
Tabela 9 - Comparação de resistência entre os sistemas (COBRECOM, 2024) (WEG, 2024)	49
Tabela 10 - Comparação de gastos totais entre os sistemas.	50

Sumário

1. INTRODUÇÃO	13
1.1. Contexto e Relevância.....	13
1.2. Fatores que impulsionam a relevância do presente estudo:	13
1.3. Impacto do estudo na indústria:	13
1.4. Tema e Problemática.....	14
1.5. Aprofundamento do estudo:.....	15
1.6. Relevância da análise comparativa	15
2. JUSTIFICATIVA	17
3. OBJETIVOS GERAIS	19
4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
5. DELIMITAÇÕES.....	21
6. REVISÃO DA LITERATURA TÉCNICA	22
6.1. Barramentos Blindados na Distribuição de Energia Elétrica	22
7. METODOLOGIA.....	25
8. DESENVOLVIMENTO.....	27
8.1. Estudo de Caso: Projeto de Dimensionamento de Entrada de Eletricidade para um Edifício de 3 Andares em São Paulo	27
8.2. Dimensionamento da Entrada de Eletricidade	33
8.3. NBR 5410: Instalações Elétricas de Baixa Tensão	34
8.4. Aspectos Relevantes da NBR 5410 para Edifícios Verticalizados:	34
8.5. Aterramento.....	34
8.6. Dimensionamentos	35
8.7. Cálculos de previsão de gastos de instalação	37
8.8. Orçamento dos cabos de entrada - opção com 4 cabos de 70 mm para cada fase e dois cabos de 70 mm para o neutro.	41

8.9.	Orçamento dos cabos de entrada - opção com 2 cabos de 95 mm para cada fase e dois cabos de 50 mm para o neutro.....	44
8.10.	Dimensionamento dos <i>busway</i>	45
8.11.	Dimensionamento dos barramentos de entrada.....	47
8.12.	Dimensionamento para a distribuição para o prédio	47
8.13.	Espaço utilizado.....	48
8.14.	Queda de tensão.....	49
9.	RESULTADOS OBTIDOS.....	51
10.	CONCLUSÃO.....	52
11.	REFERÊNCIAS	53

1. INTRODUÇÃO

1.1. Contexto e Relevância

A indústria moderna se encontra em um cenário dinâmico e desafiador, caracterizado por demandas crescentes de energia, necessidade de otimização de recursos e busca por soluções inovadoras que garantam a confiabilidade, a segurança e a eficiência das operações. Nesse contexto, os sistemas de distribuição de energia assumem um papel crucial para o funcionamento adequado das instalações industriais.

1.2. Fatores que impulsionam a relevância do presente estudo:

- Aumento da demanda por energia: o crescimento industrial e a intensificação da utilização de tecnologias eletroeletrônicas impulsionam a demanda por energia nas instalações industriais.
- Necessidade de otimização de custos: a busca por soluções que reduzam custos operacionais e otimizem o uso de recursos é cada vez mais relevante para a indústria.
- Priorização da segurança e da confiabilidade: a segurança dos trabalhadores e a confiabilidade das operações são aspectos críticos que exigem sistemas elétricos robustos e seguros.
- Tendências tecnológicas: a surgimento de novas tecnologias, como os barramentos blindados Bus-Way, oferece alternativas inovadoras para a distribuição de energia.

1.3. Impacto do estudo na indústria:

- Melhoria na tomada de decisões: a pesquisa contribui para a seleção do sistema de distribuição de energia mais adequado para cada aplicação industrial, otimizando investimentos e reduzindo custos.
- Aumento da segurança e da confiabilidade: a análise dos sistemas Bus-Way em comparação com outras opções tradicionais auxilia na escolha de soluções que garantam a segurança e a confiabilidade das instalações.

- Promoção da inovação: o estudo fomenta o uso de novas tecnologias na indústria brasileira, contribuindo para o crescimento do setor e o desenvolvimento profissional.

1.4. Tema e Problemática

O tema central deste trabalho de conclusão de curso (TCC) reside na análise comparativa abrangente do sistema de barramentos blindados Bus-Way em relação a outras opções tradicionais de distribuição de energia, como cabeamento de potência e barramentos não blindados de cobre (Figura 1 e Figura 2). A investigação se aprofunda em diferentes aspectos técnicos, econômicos e operacionais de cada sistema, buscando identificar a solução mais adequada para as diversas necessidades e realidades das empresas industriais.



Figura 1 - Cabos de cobre de distribuição elétrica de um prédio. Fonte: AECWeb



Figura 2 - Cabos de distribuição elétrica de um prédio. Fonte: AECWeb

1.5. Aprofundamento do estudo:

- Desafios na escolha do sistema de distribuição de energia: a seleção do sistema ideal envolve diversos fatores, como características da instalação, custos de investimento e manutenção, requisitos de segurança e confiabilidade, entre outros.
- Limitações das opções tradicionais: o cabeamento de potência e os barramentos não blindados de cobre apresentam algumas limitações, como maior suscetibilidade a falhas, necessidade de mais espaço físico e custos mais elevados de instalação e manutenção.
- Potencialidades do sistema *Bus-Way*: os barramentos blindados *Bus-Way* se apresentam como uma solução inovadora que oferecem diversas vantagens, como maior segurança, flexibilidade, modularidade e redução de custos em longo prazo.

1.6. Relevância da análise comparativa

- Identificação da solução ideal para cada aplicação: a comparação detalhada dos sistemas permite identificar a solução mais adequada para cada tipo de edificação, considerando as necessidades específicas de cada aplicação.
- Orientação para decisões assertivas: o estudo fornece informações valiosas para auxiliar os profissionais da área de manutenção industrial na tomada de decisões assertivas e conscientes em relação à escolha do sistema de distribuição de energia.

- Contribuição para a otimização dos recursos: a seleção do sistema ideal contribui para a otimização dos recursos da empresa, reduzindo custos operacionais e aumentando a eficiência energética das instalações (figuras 3 e 4).



Figura 3 - Sistema de distribuição Bus-way (módulo de instalação).

Fonte: Thorusengenharia

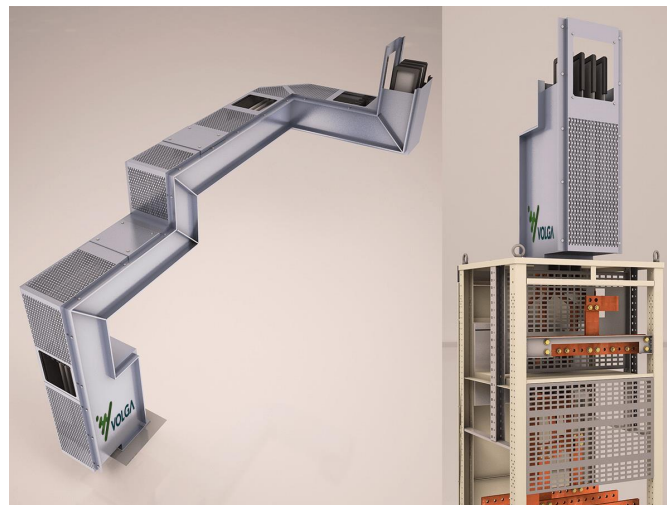


Figura 4 - Sistema de distribuição busway, módulos interligados. Fonte: Thorusengenharia.

2. JUSTIFICATIVA

A escolha dos barramentos blindados como tema é justificada pela necessidade de opções para a modernização das instalações elétricas, alinhando-se às exigências contemporâneas de eficiência, segurança e praticidade. Além disso, ela também se justifica ao investigar e comprovar, através de comparação, as reais vantagens dentro dos pontos propostos pelos fabricantes desse tipo de equipamento.

Primeiramente, os barramentos blindados destacam-se por, teoricamente, oferecerem uma capacidade de corrente superior em comparação a cabos tradicionais equivalentes, o que os tornaria mais adequados para a alimentação de cargas mais exigentes em termos de potência. Esta característica é fundamental para a adequação às demandas de instalações elétricas modernas, que frequentemente requerem maior robustez.

Adicionalmente, a economia de espaço proporcionada pelos barramentos blindados, ou *busways*, seria particularmente significativa em ambientes com espaço físico restrito. A pressuposta capacidade desses sistemas de concentrar a distribuição elétrica em um espaço reduzido otimizando o uso do ambiente e facilitando a organização das instalações também será colocada em pauta dentro dessa análise.

No que diz respeito à segurança, os barramentos blindados parecem tentar passar a impressão de uma maior proteção intrínseca que tenta minimizar riscos associados a curtos-circuitos e incêndios, contribuindo para a redução de incidentes e aumentando a segurança das instalações elétricas. Esse ponto também deve ser observado no desenvolvimento do presente estudo.

Outro aspecto relevante a ser assistido são as vantagens e desvantagens da instalação e manutenção proporcionada pela montagem modular dos barramentos blindados. Tal característica visa simplificar o processo de instalação e permitir ajustes e expansões futuras com maior facilidade. A inspeção e a manutenção também se tornam mais acessíveis, o que pode ou não reduzir os custos operacionais modificando a gestão do sistema.

O estudo proposto visa contribuir para a disseminação do conhecimento sobre barramentos blindados, fornecendo informações pertinentes para profissionais das áreas da elétrica e manutenção. A análise detalhada dos barramentos blindados permitirá identificar as melhores práticas de projeto, instalação e manutenção.

Dessa forma, a realização deste trabalho se justifica pela relevância do tema e pela necessidade de aprofundar o conhecimento sobre as vantagens, desvantagens e desafios associados aos barramentos blindados, promovendo melhores práticas e soluções para a área elétrica.

3. OBJETIVOS GERAIS

- Realizar uma comparação técnica do sistema de barramentos blindados *bus-way* em relação a outras opções de mercado, como o cabeamento de potência tradicional e barramentos não blindados de cobre, analisando pontos importantes como capacidade de condução, corrente de curto circuito e espaço físico disponível com o propósito de selecionar a melhor opção de acordo com aplicações específicas, seja do ponto de vista do projeto do sistema; de sua instalação; de seus custos associados;
- Demonstrar através de cálculos e dimensionamentos prévios os parâmetros a serem considerados nas escolhas do *bus-way*, bem como suas vantagens e desvantagens.

4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Catalogar dados sobre os processos de dimensionamento e orçamento de instalação; para auxiliar nas tomadas de decisões mais assertivas no tocante de investimento e manutenção em relação a tecnologias já bem estabelecidas no mercado mundial, no intuito de verificar os ganhos reais da aplicação ou não do equipamento no sentido de investimento, perdas, eficiência energética e materiais utilizados.
- Verificar conceitos mercadológicos atuais, acompanhando as tendências mundiais e fomentando dessa forma o uso de novas tecnologias, o crescimento da indústria brasileira e auxiliando no desenvolvimento dos profissionais em todos os níveis de atuação desse mercado.

5. DELIMITAÇÕES

Este trabalho delimita-se à análise comparativa entre o sistema de barramentos blindados Bus-Way e as alternativas tradicionais de distribuição de energia elétrica, como cabos de potência e barramentos não blindados de cobre em instalações elétricas. A pesquisa será restrita a aplicações em ambientes comerciais considerando aspectos técnicos, econômicos e de manutenção. Os dados utilizados serão obtidos de estudos de caso e literatura técnica disponível até o ano de 2024, focando principalmente em normas aplicáveis, como a NBR 5410 (Instalações elétricas de baixa tensão) e a NBR IEC 61439-6 (Conjuntos de manobra e comando de baixa tensão).

O estudo não abará sistemas de distribuição voltados para edifícios comerciais de potência instalada e corrigida maior que 120KVA, e não contemplará tecnologias de geração de energia elétrica, focando exclusivamente na distribuição interna a partir de subestações de energia em ambientes urbanos característicos de metrópoles.

Essa delimitação busca assegurar que o escopo permaneça viável dentro dos prazos estipulados e permita uma análise detalhada e focada nas alternativas mais relevantes para o setor de instalação e manutenção industrial.

6. REVISÃO DA LITERATURA TÉCNICA

6.1. Barramentos Blindados na Distribuição de Energia Elétrica

Os barramentos blindados, também conhecidos como *busways*, representam uma inovação significativa na área de distribuição de energia elétrica. Esses sistemas têm ganhado destaque em diversos setores, desde indústrias até edifícios residenciais e comerciais. Nesta revisão, exploraremos os principais aspectos dos barramentos blindados e seu impacto na eficiência energética e segurança; tanto quanto as principais fontes existentes de informação sobre as especificações do seu sistema, passando pela especificação técnica das normas:

- **NBR5410 de 09/2024** instalações elétricas de baixa tensão;
- **NBR16462 de 06/2016** Barras e perfis de cobre para aplicações elétricas - Características físicas, químicas, elétricas e dimensionais;
- **NBRIEC61439-6 de 10/2018** Conjuntos de manobra e comando de baixa tensão - Parte 6: Sistemas de linhas elétricas pré-fabricadas.

Os barramentos blindados consistem em condutores metálicos (geralmente, de cobre ou alumínio) encapsulados em uma estrutura isolante. Essa estrutura protege os condutores contra danos mecânicos, umidade e poeira. A principal diferença entre os barramentos blindados e os cabos elétricos convencionais está na sua configuração modular e flexível, oferecendo, assim, menor resistência elétrica em comparação com cabos e resultando em perdas de energia reduzidas.

Sua capacidade de condução superior permite maior flexibilidade no dimensionamento dos circuitos. Os barramentos são modulares, facilitando alterações no *layout* sem a necessidade de reconfigurar toda a instalação elétrica. Adições e derivações podem ser feitas de forma mais simples, economizando tempo e recursos.

Os barramentos são elementos de seção transversal, normalmente de formato retangular ou circular, instalados no interior de quadros de comando ou em subestações abrigadas, blindadas e ao tempo com a finalidade de coletar as correntes que chegam da fonte e distribuí-las aos diversos alimentadores a eles conectados. Podem ser construídos em cobre ou alumínio (MAMEDE, 2017, p. 347).

Tratando-se de um equipamento relativamente novo no mercado brasileiro, os barramentos blindados, tanto em seus periféricos quanto em suas respectivas manobras de

instalação e manutenção, ainda dispõem de poucos materiais científicos aprofundados e pormenorizados em língua portuguesa ou em outras. Logo, cabe compreendermos desde agora que as parametrizações para o já citado sistema devem primariamente estar baseado na literatura existente de seus “antecessores” técnicos equivalentes: os barramentos expostos e cabeamentos isolados de potência habituais que já são utilizados há muitos anos e têm sua performance de uma maneira geral já bem estabelecida e um processo atualizado e agilizado devido a seu uso em larga escala em edificações e estabelecimentos em todo o mundo.

Condutor de energia é o meio pelo qual se transporta potência desde um determinado ponto, denominado fonte ou alimentação, até um terminal consumidor. O metal de maior utilização em condutores elétricos para sistemas de potência é o alumínio, devido ao seu baixo custo de mercado, quando comparado com o cobre, intensamente empregado nas instalações prediais, comerciais e industriais. [...] Para elevar o nível de temperatura de operação desses compostos, foram desenvolvidos materiais termofixos, obtidos por processos químicos de reticulação de suas moléculas, mediante a utilização de agentes que realizam as ligações entre as moléculas adjacentes de carbono-carbono, impedindo o deslocamento intermolecular que é característico dos compostos termoplásticos (MAMEDE, 2013, p. 186).

Em contrapartida de artigos e livros, as empresas pioneiras nesse tipo de instalação no Brasil são responsáveis por alimentar de maneira consistente e constante os profissionais no que se trata de especificações técnicas, tabelas de referências, *data sheets* e outros recursos literários e bibliográficos de suma importância para a utilização adequada dos já citados sistemas de distribuição de energia elétrica para grandes potências, assim sendo ajudando a popularizar o equipamento e toda a gama de conhecimento necessária pra torna-los teoricamente opções viáveis, seguras e justas para o mercado brasileiro, que demonstra um grande potencial para a implementação dos mesmos de maneira gradual e constante nos próximos anos.

Barramento blindado, ou *Bus-way*, nada mais é do que um condutor de energia, assim como os tão conhecidos cabos de cobre. Ele é constituído por barras paralelas de um material condutor (podem ser de alumínio ou cobre). Essas barras são acessadas através de garras metálicas que fazem a conexão elétrica entre os barramentos e o dispositivo ligado a ele. O conjunto de barras paralelas é envolto por um invólucro também metálico, que além de fornecer proteção mecânica ao barramento, tem a funcionalidade de condutor de aterramento na maioria dos modelos. (RAUL, 2020)

Nascendo dessa maneira, esse trabalho tem a finalidade de catalogar informações essenciais de caráter comparativo, contribuindo para o acervo técnico profissional existente no

país. Com isso, ele fomenta potencialmente o uso de tais técnicas, produtos e equipamentos no mercado, gerando um conhecimento abrangente e aprofundado de maneira que sua instalação possa ser uma opção real e possa levar em consideração de maneira alicerçada as vantagens e desvantagens destacadas no decorrer dessa pesquisa.

7. METODOLOGIA

- Definição do Problema e Objetivos

Verificar a eficiência de aplicação dos sistemas de barramentos blindados Bus Way através de uma análise de materiais utilizados para a construção dos mesmos, métodos e manobras utilizados na instalação de os equipamentos, periféricos e acessórios; comparar orçamentos de profissionais e empresas de engenharia com a finalidade de verificar a relação custo/benefício entre as diferentes aplicações.

- Revisão Bibliográfica

Realizar uma revisão da literatura existente sobre sistemas de barramentos blindados. Explorando estudos anteriores, artigos científicos, livros e materiais relevantes para que embasem a abordagem desse trabalho.

- Critérios de Comparação

Custo Inicial: Avaliar custos de instalação e aquisição dos sistemas.

Aplicabilidade: Considerar a adequação e confiabilidade dos sistemas para diferentes aplicações industriais.

Manutenção: Analisar os requisitos de manutenção e a durabilidade dos sistemas.

- Coleta de Dados

Determinar e coletar informações relevantes para a análise. Envolvendo entrevistas com especialistas, análise de documentos técnicos ou dados de campo.

- Análise Comparativa

Comparar os sistemas de barramentos blindados *Bus Way* com base nos critérios definidos. Utilizando ferramentas quantitativas e qualitativas para avaliar cada sistema.

- Discussão dos Resultados

Interpretar os dados coletados e apresentar os resultados da análise comparativa. Discutindo as diferenças significativas entre os sistemas.

- Conclusões e Recomendações

Resumir as principais conclusões da pesquisa e com base na análise, recomendar o sistema de barramentos blindados mais adequado para a manutenção industrial.

- Limitações e Sugestões para Trabalhos Futuros

Identificar quaisquer limitações do estudo sugerindo áreas para futuras pesquisas ou aprimoramentos.

8. DESENVOLVIMENTO

8.1. Estudo de Caso

Projeto de Dimensionamento de Entrada de Eletricidade para um edifício de 3 andares em São Paulo.

8.1.1. Introdução

Este estudo de caso visa analisar o projeto de dimensionamento da entrada de eletricidade para um edifício fictício de quatro andares localizado em São Paulo (figura 5). O edifício é composto por um térreo destinado à garagem e administração, e três andares superiores, cada um contendo duas salas de eventos com foco na realização de cursos, formações, congressos, palestras e transmissões. Possui infraestrutura elétrica para equipamentos de pequeno consumo elétrico como luzes, computadores, projetores e sistemas de som. O foco deste estudo é o dimensionamento do sistema de fornecimento de eletricidade, incluindo a análise da tensão trifásica e a aplicação do fator de demanda, com base no levantamento detalhado das cargas fornecido a seguir.

8.1.2. Descrição do Edifício

O edifício possui a seguinte configuração:

- **Térreo:** Garagem e administração (figura 6).
- **1º, 2º e 3º Andares:** Dois salas de eventos por andar (figuras 7 a 11).

Cada andar tem uma área estimada de 200 m², totalizando 800 m² de área útil para eventos, além da área do térreo (Figura 5).



Figura 5 - Imagem ilustrativa do edifício. Fonte: Autor próprio

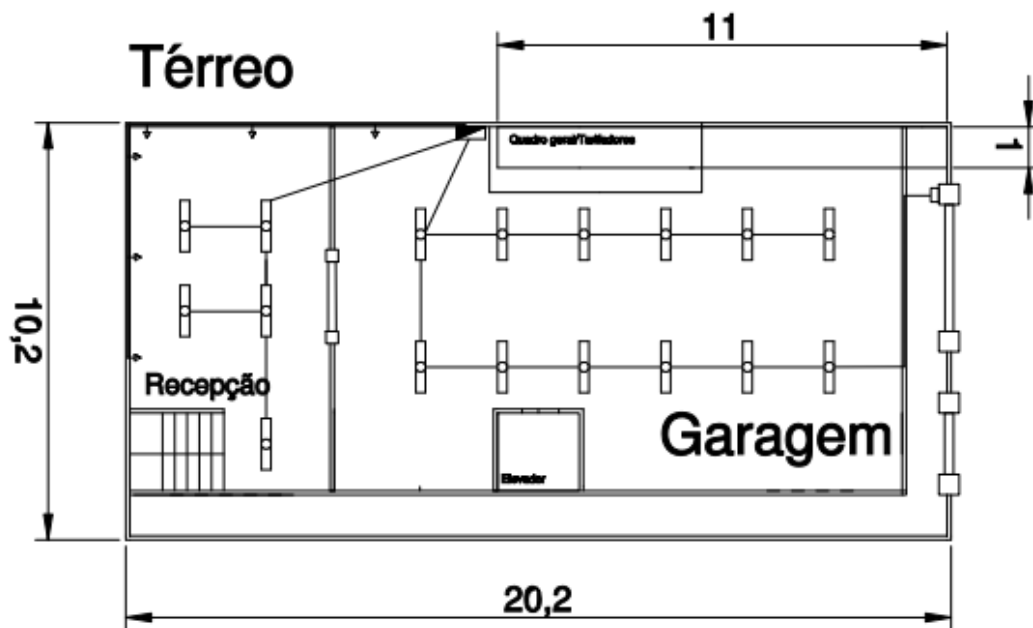


Figura 6 - Projeto do edifício andar térreo. Fonte: Autor próprio

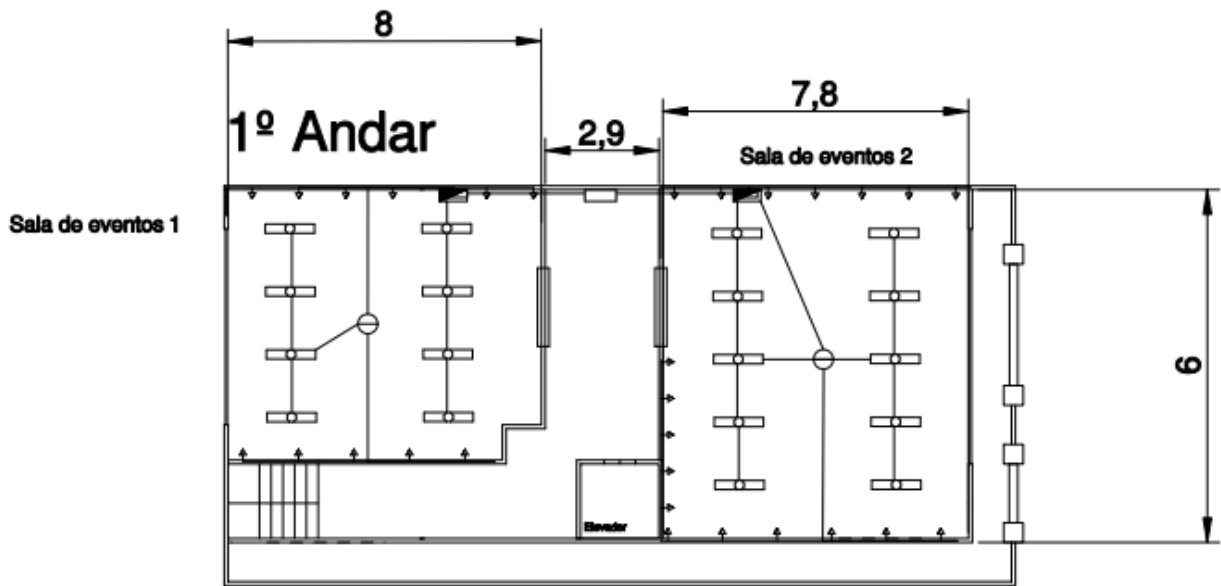


Figura 7 - Projeto do edifício 1º andar. Fonte: Autor próprio

2º Andar

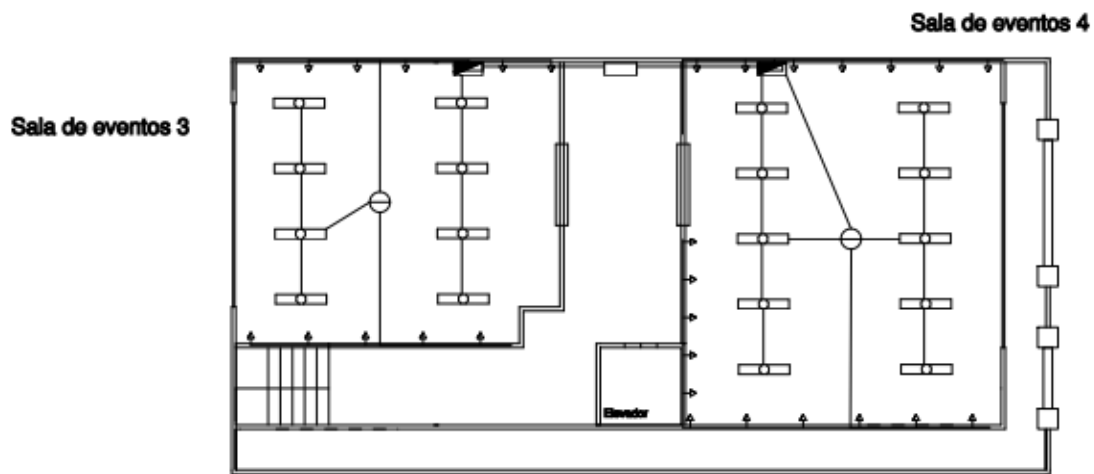


Figura 8 - Projeto do edifício 2º andar. Fonte: Autor próprio

3º Andar

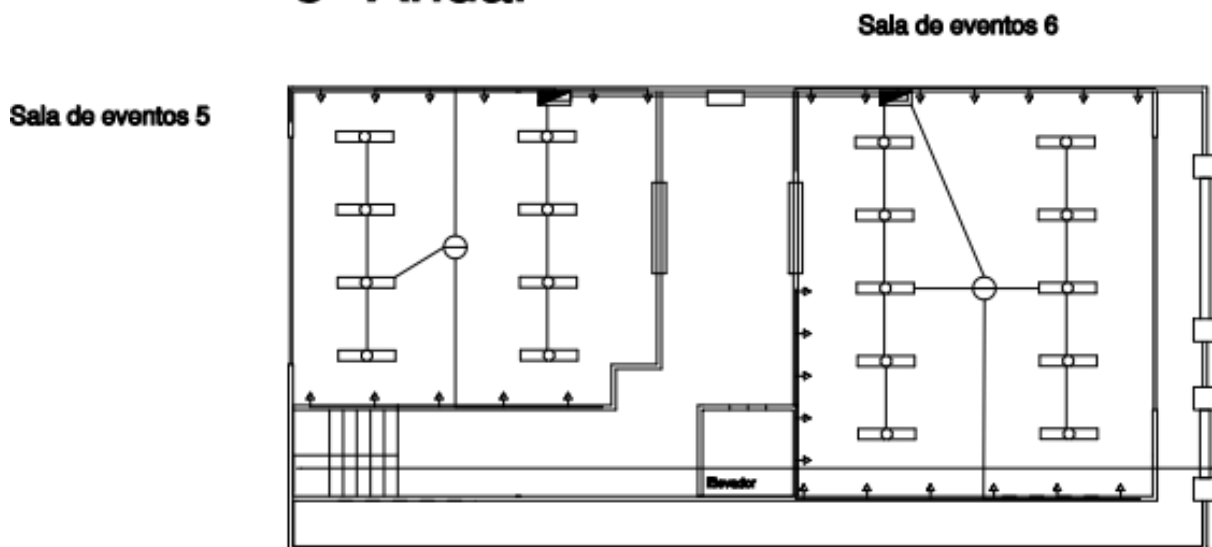


Figura 9 - Projeto do edifício 3º andar. Fonte: Autor próprio

Terraço

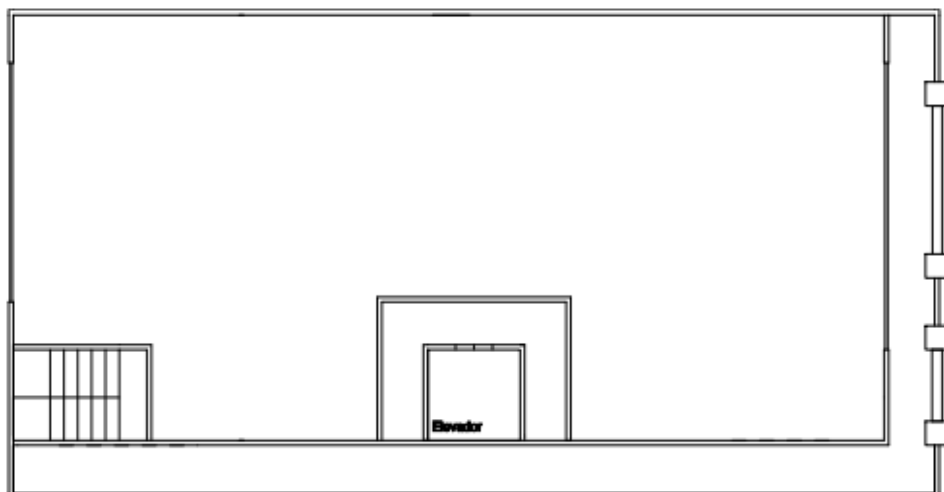


Figura 10 - Projeto do edifício terraço. Fonte: Autor próprio

Vista
Lateral

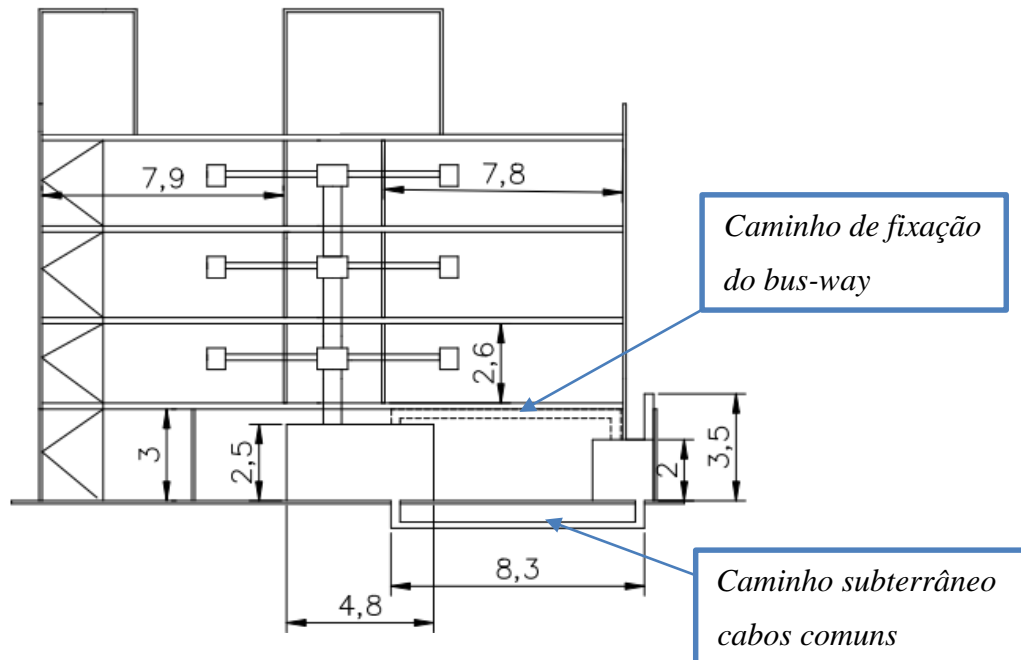


Figura 11 - Projeto do edifício vista lateral. Fonte: Autor próprio

8.1.3. Levantamento de Cargas

Para o dimensionamento adequado da entrada de eletricidade, um levantamento detalhado das cargas foi realizado. As informações específicas sobre a carga de cada andar, incluindo iluminação, equipamentos e sistemas de climatização estão disponíveis na tabela anexa a este trabalho. Esta tabela fornece uma visão abrangente das necessidades energéticas de cada seção do edifício (tabela 1).

Tabela de levantamento de cargas						
n°	Pavimento	Tipo	Quantidade	Potência nominal	Fator de demanda	Potência corrigida
1	TÉRREO	Iluminação	60	6 KVA	0,8	4,8KVA
2	TÉRREO	Tomadas de uso geral	30	4KVA	0,6	2,4KVA
3	TÉRREO	Portão elétrico	1	3KVA	1	3KVA
4	TÉRREO	Elevador	1	8KVA	1	8KVA
5	TÉRREO	Sistema de ventilação	8	4KVA	1	4KVA
6	TÉRREO	Ar condicionado	1	6KVA	1	6KVA
7	TÉRREO	Sistema de alarmes	1	2KVA	1	2KVA
8	TÉRREO	Bomba do sistema hidráulico	2	10KVA	1	5KVA
9	1	Iluminação	50	3 KVA	0,8	2,4KVA
10	1	Tomadas de uso geral	40	10KVA	0,27	2,7KVA
11	1	Ar condicionado	2	12KVA	1	12KVA
12	1	Projetores e câmeras	2	6KVA	1	6KVA
13	1	Sistema de áudio	2	4KVA	1	4KVA
14	2	Iluminação	50	3 KVA	0,8	2,4KVA
15	2	Tomadas de uso geral	40	10KVA	0,27	2,7KVA
16	2	Ar condicionado	2	12KVA	1	12KVA
17	2	Projetores e câmeras	2	6KVA	1	6KVA
18	2	Sistema de áudio	2	4KVA	1	4KVA
19	3	Iluminação	50	3 KVA	0,8	2,4KVA
20	3	Tomadas de uso geral	40	10KVA	0,27	2,7KVA
21	3	Ar condicionado	2	12KVA	1	12KVA
22	3	Projetores e câmeras	2	3KVA	1	6KVA
23	3	Sistema de áudio	2	6KVA	1	4KVA
Potência total						116,5 KVA

Tabela 1 - Tabela de levantamento de cargas

8.2. Dimensionamento da Entrada de Eletricidade

8.2.1. Tensão Trifásica de 127 Volts

O sistema de fornecimento de eletricidade será baseado em tensão trifásica de 127 volts. Este tipo de fornecimento é escolhido por sua eficiência na distribuição de energia elétrica em edifícios comerciais e industriais. A tensão trifásica ajuda a equilibrar a carga entre as fases, reduzindo perdas elétricas e melhorando a eficiência do sistema.

Em um sistema trifásico, a tensão entre qualquer fase e o neutro é de 127 volts, e a tensão entre duas fases (tensão de linha) é de 220 volts. Esse tipo de fornecimento é essencial para suportar a carga total estimada do edifício e garantir uma operação eficiente dos equipamentos.

8.2.2. Fator de Demanda

O fator de demanda é um conceito crucial no dimensionamento de sistemas elétricos. Ele representa a relação entre a carga máxima prevista e a carga total que o sistema pode suportar. O fator de demanda leva em consideração que nem todos os equipamentos e sistemas estarão em operação simultaneamente, refletindo uma carga mais realista do que a carga máxima teórica.

Para edifícios comerciais, o fator de demanda varia de acordo com o tipo de carga do circuito. Neste estudo, foi adotado para refletir um perfil de uso realista o fator de demanda da tabela abaixo segundo a *RECON – BT da Light*. Esse fator ajuda a calcular a demanda final estimada, ajustando a carga total prevista para um valor mais aplicável às condições reais de operação.

8.2.3. Demanda Final Estimada

Calculada com base no levantamento de cargas detalhado, ajustada pelo fator de demanda entre 0,8 e 1 (CREDER, 2016, p. 132).

Em São Paulo, o dimensionamento dos padrões de entrada de eletricidade para edifícios verticalizados é regido por uma combinação de normas técnicas nacionais e regulamentos locais. A norma técnica predominante que trata especificamente do dimensionamento de padrões de entrada de eletricidade, incluindo para edifícios verticalizados, é a **NBR 5410**.

8.3. NBR 5410: Instalações Elétricas de Baixa Tensão

- **Instituto Brasileiro de Normas (ABNT):** A NBR 5410 estabelece os requisitos para instalações elétricas de baixa tensão, incluindo critérios para o dimensionamento e instalação de padrões de entrada de eletricidade. Essa norma é aplicável a instalações residenciais, comerciais e industriais e cobre aspectos como dimensionamento de condutores, proteção, e segurança elétrica.

8.4. Aspectos Relevantes da NBR 5410 para Edifícios Verticalizados:

1. **Dimensionamento da Entrada de Energia:** Define os critérios para o cálculo da demanda elétrica e dimensionamento da entrada de energia com base nas características do edifício e nas cargas esperadas.
2. **Proteção e Segurança:** Estabelece requisitos para dispositivos de proteção, como disjuntores e sistemas de aterramento, para garantir a segurança das instalações.

8.5. Aterramento

O aterramento em edifícios comerciais é essencial para garantir a segurança das pessoas e a integridade dos equipamentos elétricos, prevenindo acidentes e minimizando os efeitos de falhas no sistema. A escolha do aterramento tipo PEN (condutor de proteção e neutro combinado) é justificada por diversos fatores técnicos e econômicos.

O sistema PEN permite a utilização de um único condutor tanto para a proteção quanto para o neutro, o que simplifica a instalação e reduz os custos de cabeamento. Além disso, em

edifícios comerciais, onde a carga é geralmente elevada e distribuída em diferentes níveis e setores, o sistema PEN garante uma melhor eficiência na proteção contra sobretensões e correntes de fuga.

Outro ponto importante é a confiabilidade do sistema em situações onde a continuidade elétrica deve ser garantida, pois o condutor PEN é crucial para garantir que não haja desbalanceamento nas fases e que os dispositivos de proteção, como disjuntores diferenciais, atuem corretamente em caso de falhas. Contudo, é fundamental que a instalação atenda rigorosamente às normas técnicas, como a NBR 5410, que regulamenta o uso do condutor PEN, para garantir que o sistema de aterramento funcione de maneira eficaz e segura.

8.6. Dimensionamentos

Nessa seção iniciaremos os dimensionamentos de ambas situações, cabos estruturados e *bus way*. Primeiramente serão apresentados os pontos comuns, sendo eles: corrente nominal (equação 1), caixa seccionadora tipo x. disjuntores de entrada tipo NH, caixa de medição e central de distribuição para toda a planta. Posteriormente dimensionamento dos cabos com sua seção, quantidade e valores; seguidos dos mesmos parâmetros para os barramentos blindados.

8.6.1. Parâmetros comuns

8.6.1.1. Corrente de projeto

$$I_n = \frac{P}{U_L \cdot \sqrt{3} \cdot K} \quad (1)$$

Onde,

I_n (Corrente nominal)

P (potência total instalada): 116,5KVA

U_L (Tensão de linha): 220V

K (queda de tensão): 7%

Substituindo os valores na equação 1 (CREDER, 2016, p. 132), obtém-se:

In: 328,93A

(ABNT, 2008, p. 115)

8.6.1.2. Dimensionamento de caixa seccionador tipo x

Seleção da caixa seccionadora (Figura 12) modelo x fusível NH355A .

(ENEL, 2014, p. 99).



Figura 12 - Caixa seccionadora tipo X. Fonte: AEC Web

8.6.1.3. Seleção de caixas de medição

Caixa de medição tipo policarbonato com 7 medidores tipo XI (Figura13).

(ENEL, 2014, p. 209).

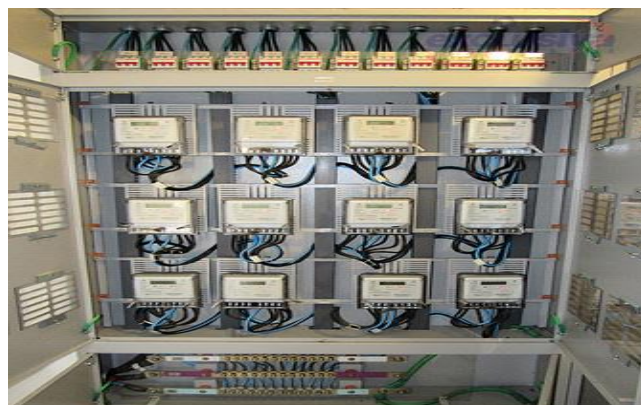


Figura 13 - Caixa de medição e distribuição. Fonte: Exclusiva engenharia

8.7. Cálculos de previsão de gastos de instalação

Nessa seção, faremos uma programação de desenvolvimento do trabalho levando em consideração o número recomendado de profissionais para executar o trabalho em ritmo médio tanto quanto uma previsão do tempo gasto em cada etapa do desenvolvimento do trabalho afim de prever os gastos com mão de obra da equipe operacional (figuras 14 e 15). Projetando os gastos com mão de obra especializada (tabelas 2,3,4 e 5)

8.7.1. Planejamento do processo de instalação com cabos estruturados

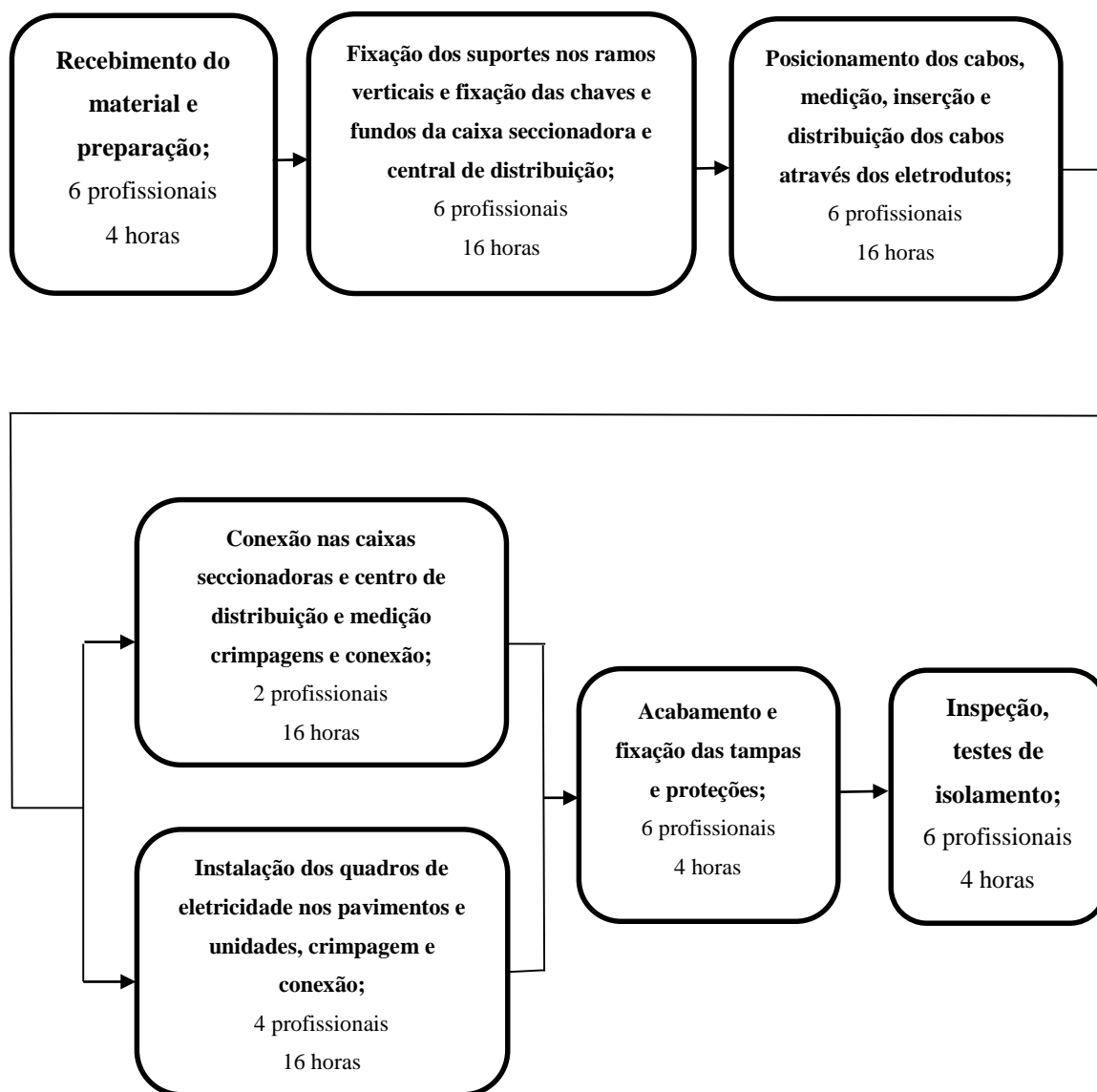


Figura 14 - Fluxograma de execução do projeto utilizando cabos estruturados

Previsão de gastos totais com mão de obra instalação em cabos estruturados			
Tempo total (horas)	Custo Homens/hora	Quantidade de profissionais	Valor total (R\$)
60	62,67	6	22.561,00

Tabela 2 - Previsão de gastos totais com mão de obra instalação em cabos estruturados.

Tabela de previsão de gastos no sistema cabeamento estruturado		
Atividade	Valor parcial da atividade (R\$)	Valor total da atividade (R\$)
Desenvolvimento do projeto elétrico	3,73/m ²	2238
Emissão de documentos legais	1900	1900
Instalação de caixa de entrada com seccionadora X e Instalação dos cabos de entrada	3.360,00	3.360,00 (10000)
Instalação de centro de medição e distribuição para todos os pavimentos	2.850,00/un	19.950
Contratação de equipe de trabalho	24.517,32	22.561
Inspeção geral	600	600
	Valor total estimado	R\$ 50.609,00

Tabela 3 - Tabela de previsão de gastos no sistema cabeamento estruturado (ABEE,2024)

8.7.2. Planejamento do processo de instalação com barramentos blindados.

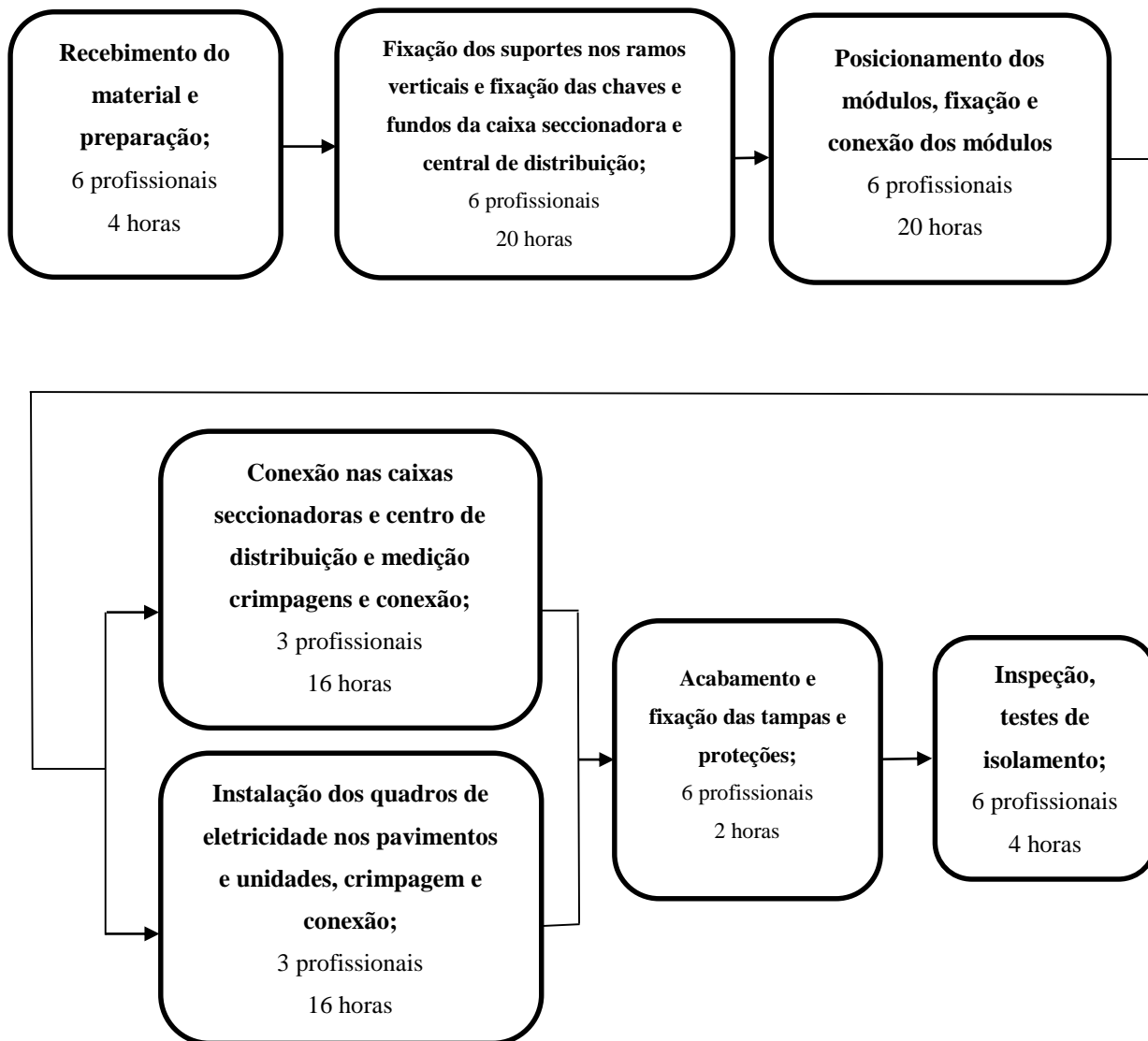


Figura 15 - Fluxograma de execução do projeto utilizando barramentos blindados

Previsão de gastos totais com mão de obra de instalação em barramentos blindados				
Tempo (horas)	total	Custo Homens/hora	Quantidade de profissionais	Valor total (R\$)
66		62,67	6	24.517,32

Tabela 4 - Previsão de gastos totais com mão de obra de instalação em barramentos blindados

Dados utilizados para essa estimativa obtidos através de consultoria com profissionais da área.

Tabela de previsão de gastos no sistema barramentos blindados		
Atividade	Valor parcial da atividade (R\$)	Valor total da atividade (R\$)
Desenvolvimento do projeto elétrico	3,73/m ²	2238
Emissão de documentos legais	1900	1900
Instalação de caixa de entrada com seccionadora X e Instalação dos cabos de entrada	3.360,00	3.360,00 (10000)
Instalação de centro de medição e distribuição para todos os pavimentos	2.850,00/un	19950
Contratação de equipe de trabalho	22.561	24.517,32
Inspeção geral	600	600
	Valor total estimado	R\$ 52.565,32

Tabela 5 - Tabela de previsão de gastos no sistema barramentos blindados (ABEE,2024)

8.8. Orçamento dos cabos de entrada - opção com 4 cabos de 70 mm para cada fase e dois cabos de 70 mm para o neutro.

Nos seguintes cálculos para dimensionamento foi utilizado o cabo de cobre isolado com composto termofixo etileno propileno (HEPR) e cobertura de policloreto de vinila (PVC), para temperaturas de até 90 °C, sendo resistente à propagação de chamas. (Figura 16)



Figura 16 - Cabo de cobre isolado. Fonte: Cobrecon

8.8.1. Dimensionamento dos cabos de entrada.

F1 – 4x70mm²

F2 – 4x70mm²

F3 – 4x70mm²

Neutro – 2x70mm²

Comprimento do cabo de entrada 13,5 metros

8.8.2. Distribuição para o edifício

F1 – 1x16mm²

F2 – 1x16mm²

F3 – 1x16mm²

Neutro – 1x16mm²

Sendo:

Térreo - 2 metros para áreas comuns

1° Andar - 5,6 metros para sala 1 e 5,6 metros para a sala 2;

2° Andar - 8,2 metros para sala 3 e 8,2 metros para sala 4;

3° Andar - 10,8 metros para a sala 5 e 10,8 metros para a sala 6.

Totalizando 204,8 metros de comprimento dos cabos de distribuição.

8.8.3. Valor médio dos cabos de entrada

Cabos de 70 mm: R\$ 70 por metro

Cabos de 16mm: R\$ 16 por metro

8.8.4. Dimensionamento dos eletrodutos (SC):

Os eletrodutos irão conduzir os cabos do centro de distribuição para cada sala comercial logo vão receber 4 condutores cada 3 fases + neutro seu percurso completo.

Foram utilizados eletrodutos de PVC preto com propriedades não propagantes de chamas (Figura 17).



Figura 17 - Eletroduto de PVC. Fonte: Coflex

D = Diâmetro externo dos condutores fase (x3) e neutro (x1) (16mm²). D=7,06mm

Conforme tabela de dimensionamento de eletrodutos da NBR 15465:2008

Eletroduto 32mm² x 28 metros.

8.8.5. Eletrodutos de entrada

Os eletrodutos irão conduzir os cabos da chave seccionadora até o centro de distribuição receber 7 condutores cada 6 fases + neutro seu percurso completo.

Conforme tabela de dimensionamento de eletrodutos da NBR 15465:2008.

Eletroduto 75mm² x 14 metros.

Obtendo os seguintes resultados para essa opção de cabos (tabela 6):

Material	Seção (mm²)	Vias	Quantidade total (metros)	Valor por metro (R\$)	Valor total (R\$)
Eletrodutos de distribuição	32	7	51,2	7,37	377,34
Cabos de distribuição	16	28	204,8	12,28	2.514,94
Eletrodutos de entrada	75	2	14	19,5	273
Cabos de entrada (fase+neutro)	70	14	196	69,49	13.620,04
Valor total					16.745,32

Tabela 6 – Custos de material para cabos de 75mm²

8.9. Orçamento dos cabos de entrada - opção com 2 cabos de 95 mm para cada fase e dois cabos de 50 mm para o neutro (Tabela 7).

Material	Seção (mm²)	Vias	Quantidade total (metros)	Valor por metro (R\$)	Valor total (R\$)
Eletrodutos de distribuição	32	7	51,2	7,37	377,34
Cabos de distribuição	16	28	204,8	12,28	2.514,94
Eletrodutos de entrada	75	2	14	19,5	273,00
Cabos de entrada (fase)	95	6	84	89,9	7.551,60
Cabos de entrada (neutro)	50	2	28	47,9	1.341,20
Valor total					12.058,08

Tabela 7 - Gastos com cabos de 95mm²

(Valores obtidos das lojas Eletroleste e Obramax em 30/10/2024)

8.10. Dimensionamento dos *busway*

Foi considerado em todos os trechos de instalação de instalação primária do busway as seguintes características: corrente máxima de condução até 800 A, terapolar, barramento isolados IP31, material de alumínio ou cobre, temperatura ambiente de -5°C a 40°C. E todos os acessórios de agrupamento e fixação. (Figuras 18, 19, 20 e 21)



Figura 18 - *Bus-way* trecho reto. Fonte: Flexmaster barramentos blindados.

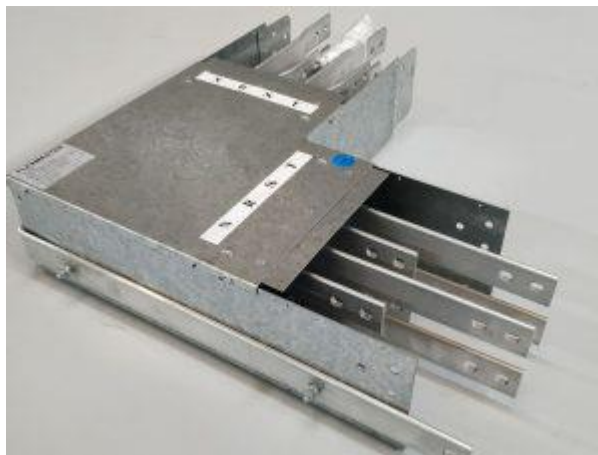


Figura 19 - *Bus-way* trecho 90°. Fonte: Flexmaster barramentos blindados.



Figura 20 - *Bus-way* derivação em X. Fonte: Flexmaster barramentos blindados.



Figura 21 - Bus-way derivação em T. Fonte: Flexmaster barramentos blindados.

8.11. Dimensionamento dos barramentos de entrada

14 módulos lineares de 1 metro 800 A

2 engates 90° alumínio 800 A

8.12. Dimensionamento para a distribuição para o prédio

18 módulos lineares de 1 metro 800A

2 Trecho em x tipo cofre até 800A

1 Trecho em t tipo cofre 800A

A seguir os valores considerando os barramentos blindados os trechos utilizados na presente instalação (Tabela 8).

Material	Tipo	Vias	Quantidade total (metros)	Valor por metro (R\$)	Valor total (R\$)
Barramentos tetrapolares lineares até 800 A	Tetrapolares 800 A	1	32	760	24.320,00
Trecho em X Tipo cofre	Tetrapolares 800 A	1	2	1.300	2.600,00
Trecho em T Tipo cofre	Tetrapolares 800 A	1	1	1.300	1.300,00
Valor total					28.320,00

Tabela 8 - Orçamento de valores médios do barramento blindado (CRISPIM, 2023)

8.13. Espaço utilizado

Nessa seção, exibiremos um diagrama comparativo entre os espaços físicos ocupados por cada um dos sistemas ao longo dos pavimentos do edifício (figura 22).

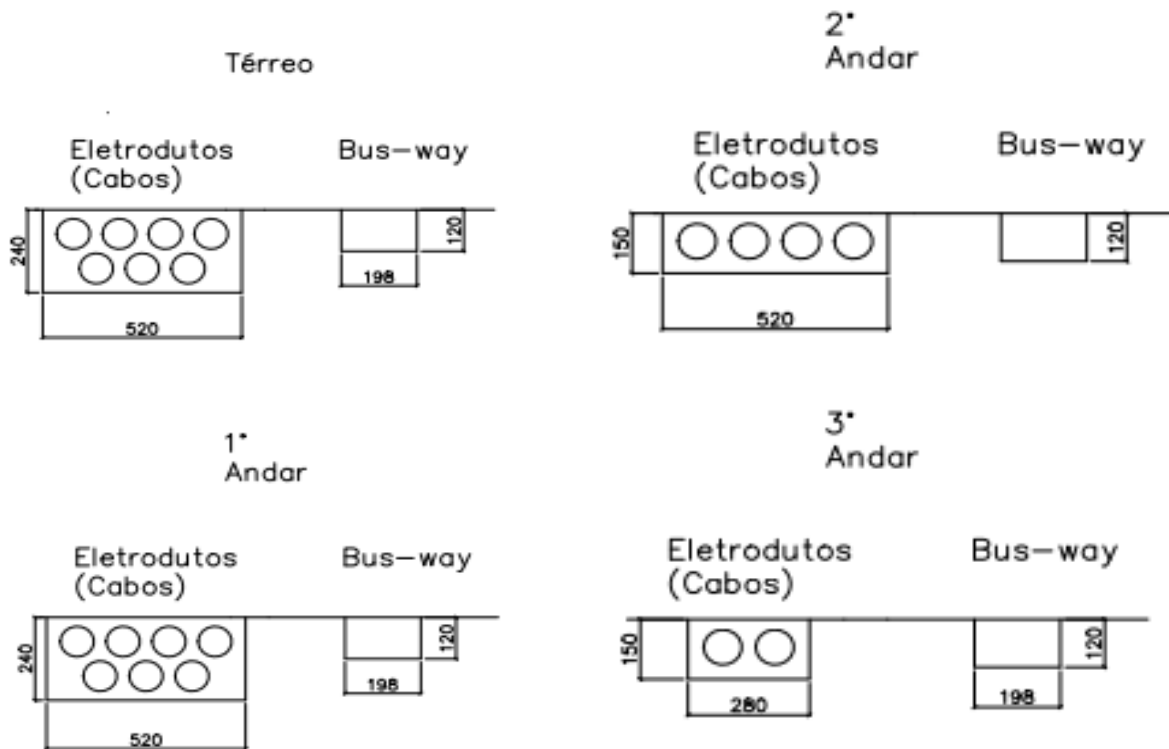


Figura 22 - Comparação de ocupação de espaço entre os sistemas. Fonte: Autor próprio

8.14. Queda de tensão

Dados comparativos relativos a impedância nominal dos condutores de cobre e *bus-way*. Valores esse que influenciam diretamente na queda de tensão ao longo da instalação (tabela 9).

Produto	Seção/marca	Resistência em temperatura de operação ($\mu\Omega/m$)
Cabo flexcon HPER	70mm ² cobrecon	272
Cabo flexcon HPER	95mm ² cobrecon	206
Barramento blindado	BWW001 - WEG	90,1

Tabela 9 - Comparação de resistência entre os sistemas (COBRECOM, 2024) (WEG, 2024)

8.15. Comparação de gastos totais

Compilando os dados de instalação e materiais em todas as opções consideradas obtivemos (tabela 10):

Produto	Seção/marca	Gasto com aquisição de matérias (R\$)	Gasto com Instalação (R\$)	Gasto total estimado (R\$)
Cabo flexcon HPER	70mm ² cobrecon	16.745,32	50.609,00	67.354,32
Cabo flexcon HPER	95mm ² cobrecon	12.058,08	50.609,00	62.667,08
Barramento blindado	BWW001 - WEG	28.320,00	52.565,32	80.885,32

Tabela 10 - Comparação de gastos totais entre os sistemas.

9. RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados obtidos na análise comparativa dos sistemas de barramentos blindados Bus-Way, em comparação com o cabeamento estruturado, destacam várias vantagens e limitações de cada sistema com base em critérios técnicos, econômicos e espaciais.

Comparação dos Sistemas

Custo Total de Instalação: A instalação do sistema Bus-Way apresentou um custo total superior ao do cabeamento estruturado, totalizando R\$80.885,32, enquanto o cabeamento estruturado opção de 95mm² alcançou R\$62.667,08. Embora o Bus-Way apresente um custo inicial mais elevado, as vantagens em termos de economia de espaço e facilidade de expansão sugerem que ele possa compensar esses custos adicionais em longo prazo.

Tempo e Mão de Obra: A instalação do Bus-Way requer um tempo maior (66 horas) em comparação com o cabeamento estruturado (60 horas). No entanto, o Bus-Way facilita futuras manutenções e modificações no sistema elétrico, graças à sua configuração modular, o que representa uma vantagem operacional significativa em instalações que necessitam de flexibilidade.

Espaço Físico: Em termos de ocupação de espaço, o Bus-Way oferece uma solução mais compacta. Sua capacidade de concentrar a distribuição elétrica em um espaço menor é uma vantagem crítica em ambientes onde o espaço físico é limitado. Essa economia de espaço é particularmente vantajosa em construções verticais.

A análise comparativa revela que o Bus-Way, embora apresente um custo inicial mais elevado e maior complexidade de instalação, pode representar uma solução mais vantajosa a longo prazo para instalações que necessitam de flexibilidade e eficiência. A modularidade do Bus-Way permite a adição de novos componentes com mais facilidade, reduzindo o tempo e o custo de manutenção, especialmente em ambientes dinâmicos onde a distribuição elétrica possa precisar de ajustes. Em contraste, o cabeamento estruturado é uma alternativa mais econômica inicialmente, mas pode demandar mais espaço e apresentar maior dificuldade em futuras modificações.

10. CONCLUSÃO

A partir da análise comparativa realizada entre os sistemas de barramentos blindados Bus-Way e o cabeamento estruturado, conclui-se que ambos os sistemas têm suas particularidades e aplicabilidades específicas.

Os resultados indicam que o sistema Bus-Way, apesar de apresentar um custo inicial superior e uma demanda levemente maior de tempo de instalação, oferece benefícios significativos em longo prazo. A modularidade e a economia de espaço físico destacam-se como vantagens cruciais em projetos que requerem flexibilidade e expansões futuras.

Por outro lado, o cabeamento estruturado, por seu custo reduzido e maior familiaridade no mercado, pode ser uma solução mais adequada para instalações de menor porte ou onde o orçamento é um fator limitante. No entanto, seu uso requer mais espaço físico e é menos flexível para adaptações futuras, tornando-o menos eficaz em aplicações que necessitem de reconfigurações ou expansões.

Portanto, a escolha entre os sistemas deve considerar não apenas os custos iniciais, mas também os requisitos operacionais, a necessidade de espaço e as perspectivas de manutenção e expansão.

11. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHEIROS ELETRICISTAS SEÇÃO MATO GROSSO DO SUL (ABEE). **Tabela de honorários profissionais**. Mato Grosso do Sul: 2024

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5410:2008** - Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 61439-6:2021 - Conjuntos de manobras e de comando de baixa tensão - Parte 6: Requisitos específicos para conjuntos de manobras e de comando de baixa tensão com funcionalidade de proteção para aplicações de redes elétricas**. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

COBREC.COM. **Tabela técnica do eletricista**. 2024. Disponível em <<https://cobrecom.com/arquivos/11_arquivo.pdf>>

CREDER, Hélio. **Instalações Elétricas**. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

CRISPIM, Hugo Alves. Novas tecnologias empregadas no setor de projetos elétricos de baixa tensão com aplicação em um estudo de caso. IFSC: Itajaí: 2023. [TCC]

ENEL. **Fornecimento de energia elétrica em tensão secundária de distribuição LIG BT**. Rio de Janeiro, 2014.

MAMEDE, João. **Manual de equipamentos elétricos**. 4^a ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

_____. **Instalações elétricas industriais**. 9^a ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017.

RAUL, Pedro. **Barramento blindado: o que é, como funciona e por que utilizar?** Thórus engenharia, 2020. Disponível em <<<https://thorusengenharia.com.br/barramento-blindado/>>>. Acesso em: 26 abr. 2024.

WEG. **Barramentos blindados de baixa tensão**. 4^o revisão. Jaraguá do Sul. 2024