

CENTRO PAULA SOUZA

ETEC PHILADELPHO GOUVÊA NETTO

Técnico em Eletrotécnica

Daniel Aparecido Duarte da Silva

Danton César da Silva

Frederico Pontes Villa

Matheus Ferreira Barbosa

Paulo Henrique Pereira de Oliveira

BANCO DE CAPACITORES

São José do Rio Preto – SP

2025

Frederico Pontes Villa
Daniel Aparecido Duarte da Silva
Danton César da Silva
Matheus Ferreira Barbosa
Paulo Henrique Pereira de Oliveira

BANCO DE CAPACITORES

Trabalho de Conclusão de curso apresentado
ao Curso Técnico em Eletrotécnica da Etec
Philadelpho Gouvêa Netto, orientado pelo
Prof. Mario Kenji Tamura, como requisito
parcial para obtenção do título de Técnico em
Eletrotécnica

São José do Rio Preto – SP
2025

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Folha de Rosto.....	15
Figura 2 - Layout Externo Frontal e Lateral.....	16
Figura 3 - Layout Interno e Espelho.....	16
Figura 4 - Diagrama de Força.....	17
Figura 5 - Diagrama de Força.....	17
Figura 6 - Diagrama de Comando.....	18
Figura 7 - Orçamento.....	19
Figura 8 - Quadro de Sobrepor.....	20
Figura 9 - Minidisjuntor WEG Tripolar.....	21
Figura 10 - Minidisjuntor WEG Unipolar.....	22
Figura 11 - Contator Para Capacitores.....	23
Figura 12 - Capacitor Trifásico EPCOS 380V – 10kVar.....	24
Figura 13 - Controlador de Fator de Potência Weg Monofásico (PFW).....	24
Figura 14 - Termostato Metaltex TRS1-R.....	25
Figura 15 - Disjuntor Caixa Moldada WEG DWP250L-160-3.....	25
Figura 16 - Isolador Epóxi Paralelo.....	26
Figura 17 - Porta-documentos para quadros elétricos.....	27
Figura 18 - Barramento de Cobre.....	27
Figura 19 – Cabo Flexível.....	28
Figura 20 – Microventilador+Grelha.....	29
Figura 21 – Borne.....	29
Figura 22 – Tampa para Borne.....	30
Figura 23 – Poste Final.....	31
Figura 24 - Terminais.....	31
Figura 25 – Anilhas de Identificação.....	32
Figura 26 – Barramento de Terra e Neutro.....	33
Figura 27 – Etiquetas Acrílicas.....	33
Figura 28 – Adesivos de Advertência.....	34
Figura 29 – Espelho de Policarbonato.....	35
Figura 30 – Canaleta de PVC.....	35
Figura 31 – Trilho para Fixação dos Componentes.....	36
Figura 33 a 40 - Componentes Montados.....	37
Figuras 41 – Quadro Instalado no local.....	39

RESUMO

Após as sucessivas crises energéticas ocorridas na década de 1970 (principalmente a chamada Crise do Petróleo), os governos e sociedades em geral foram se conscientizando de que era necessário conter os desperdícios de energia e implementar programas para alcançar esse objetivo. Além disso, um racionamento de energia vivenciado pelo Brasil em 2001, que esfriou a economia e atrapalhou planos eleitorais de aliados do então presidente Fernando Henrique Cardoso, tornou discussões sobre o tema praticamente um tabu no Brasil desde então. O presente estudo tem como finalidade discutir e até mesmo realizar uma reflexão relacionada à economia de energia elétrica dentro de uma indústria, visando gastos energéticos. Por meio desse estudo de caso pode-se compreender que a montagem de um painel, onde estão dispostos todos os disjuntores e com demarcação fica mais fácil controlar o gasto de energia durante o expediente de trabalho, e quando finaliza o mesmo, dessa forma ocorre uma redução no gasto de energia com um sistema de capacitadores bem posicionado.

Palavras-chave: distribuição de energia elétrica, regulação de tensão, bancos de capacitores e controlador de fator de potência.

ABSTRACT

After the successive energy crises of the 1970s (primarily the so-called Oil Crisis), governments and societies in general became aware of the need to curb energy waste and implement programs to achieve this goal. Furthermore, energy rationing in Brazil in 2001, which slowed the economy and hampered the electoral plans of allies of then-President Fernando Henrique Cardoso, made discussions on the topic practically taboo in Brazil ever since. This study aims to discuss and even reflect on energy conservation within an industry, focusing on energy costs. Through this case study, it can be understood that the assembly of a panel, where all the circuit breakers are arranged and with demarcation, makes it easier to control energy consumption during working hours, and when the same is finished, thus there is a reduction in energy consumption with a well-positioned capacitor system.

Keywords: electrical power distribution, voltage regulation, capacitor banks and power factor controller.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	7
2. OBJETIVO.....	8
3. METODOLOGIA.....	8
4. DESENVOLVIMENTO TEÓRICO.....	9
4.1 A eficácia da energia elétrica no ambiente industrial.....	9
4.2 Os fundamentos e normas para a correção do Fator de Potência.....	10
4.3 Corrigindo o fator de potência nos sistemas industriais.....	11
4.4 Projeto do Quadro / As Built.....	15
5. ORÇAMENTO.....	19
6. MONTANDO UM QUADRO ELÉTRICO.....	20
6.1 Quadro de Sobrepor.....	20
6.2 O Minidisjuntor WEG Tripolar.....	21
6.3 O Minidisjuntor WEG Unipolar.....	22
6.4 Contator Para Capacitores.....	23
6.5 Capacitor Trifásico EPCOS 380V – 10kVar.....	24
6.6 Controlador de Fator de Potência Weg Monofásico (PFW).....	24
6.7 Termostato Metaltex TRS1-R.....	25
6.8 Disjuntor Caixa Moldada WEG DWP250L-160-3.....	25
6.9 Isolador Epóxi Paralelo.....	26
6.10 Porta-documentos para quadros elétricos.....	27
6.11 Barramento de Cobre.....	27
6.12 Cabo Flexível.....	28
6.13 Microventilador+Grelha.....	29
6.14 Borne.....	29
6.15 Tampa para Borne.....	30
6.16 Poste Final.....	31
6.17 Terminais.....	31
6.18 Anilhas de Identificação.....	32
6.19 Barramento de Terra e Neutro.....	33
6.20 Etiquetas Acrílicas.....	33
6.21 Adesivos de Advertência.....	34
6.22 Espelho de Policarbonato.....	35
6.23 Canaleta de PVC.....	35
6.24 Trilho para fixação de componentes.....	36
6.25 Quadro Montado/Instalado no local.....	37
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	39
8. REFERENCIAS.....	40

1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda energética no setor industrial brasileiro tem impulsionado a adoção de estratégias que promovam o uso racional da eletricidade, diante de um cenário marcado por altos custos operacionais, exigências ambientais e pressões por eficiência. Nesse contexto, a correção do fator de potência se destaca como uma das práticas mais eficazes para otimizar o desempenho dos sistemas elétricos industriais. A presença predominante de cargas indutivas — como motores, fornos e transformadores — gera um consumo elevado de energia reativa, que não realiza trabalho útil, mas é essencial ao funcionamento dos equipamentos. No entanto, o excesso dessa energia compromete a eficiência global do sistema, eleva perdas e pode acarretar penalizações tarifárias. A instalação de bancos de capacitores, especialmente os modelos automáticos com controle microprocessado, surge como uma solução técnica e economicamente viável, permitindo o ajuste dinâmico da energia reativa em função das variações de carga. Essa abordagem está alinhada às exigências normativas brasileiras (como a NBR 5410 e NBR IEC 61439) e ao avanço da Indústria 4.0, integrando-se a sistemas supervisórios inteligentes e contribuindo para uma operação mais estável, segura e sustentável.

Após as sucessivas crises energéticas ocorridas na década de 1970 (principalmente a chamada Crise do Petróleo), os governos e sociedades em geral foram se conscientizando de que era necessário conter os desperdícios de energia e implementar programas para alcançar esse objetivo (MAMEDE, 2017). Além disso, um racionamento de energia vivenciado pelo Brasil em 2001, que esfriou a economia e atrapalhou planos eleitorais de aliados do então presidente Fernando Henrique Cardoso, tornou discussões sobre o tema praticamente um tabu no Brasil desde então (COSTA; GAIER, 2021).

De uma forma geral, energia é um tema central dentro das políticas públicas dos governos. Tal fato é tão evidente que o país possui um ministério específico para tratar desse tema, o Ministério de Minas e Energia (MME). É comum encontrar, também nas esferas municipais e estaduais, Secretarias de Energia, que dentro de sua competência, administram e gerenciam os aspectos relacionados à energia em seus estados e cidades. Como o tema energia está inserido na esfera pública, a eficiência energética também acompanha as decisões que tratam desse assunto (BARROS; GEDRA; BORELLI, 2015).

Atualmente, o governo brasileiro tem desenvolvido uma política moderada de conservação de energia com a finalidade de reduzir os desperdícios, notadamente das áreas industrial, comercial e de iluminação pública, buscando melhor utilização da energia consumida. No momento, o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), órgão vinculado à Eletrobrás, é o responsável direto pela execução de políticas de eficiência energética, agindo das mais diferentes formas, como na educação, na promoção, no financiamento e no incentivo dentre outras formas (MAMEDE, 2017).

Pode-se dizer que a instalação elétrica é responsável pelo fornecimento de energia para todos os equipamentos elétricos e também para toda a iluminação de determinado local. Sua finalidade é formar a conexão entre a eletricidade vinda da concessionária de energia e os eletrodomésticos e demais eletrônicos da casa através de condutores como fios, interruptores e tomada.

No entanto as pessoas acabam optando por projetos mais baratos, não sabendo que o barato pode sair caro no final de obra, sendo assim acabam não dando a devida importância em num projeto bem elaborado, que acaba seguindo de certa forma varias normas de segurança, podendo causar uma grande dor de cabeça, como no caso de uma reforma indesejada.

Por isso que se deve levar em consideração a própria segurança dos moradores ou muitas vezes dos funcionários que ali trabalham, uma vez que um projeto que não segue as normas de segurança, simplesmente não é seguro., e pode colocar em risco a segurança e até mesmo a vida das pessoas.

2. OBJETIVO

O presente estudo tem como finalidade discutir e até mesmo realizar uma reflexão relacionada à economia de recursos dentro de uma indústria, visando gastos energéticos.

3. METODOLOGIA

O presente estudo trata-se de um estudo de caso e para a sua realização foi feito um levantamento de artigos dos últimos dez anos desde (2015 até 2024), nas bases de dados da internet através do SCIELO e do GOOGLE ACADÊMICO,vale ressaltar que essa pesquisa será feita numa empresa, porém a mesma não deseja

se identificar. A pesquisa teórica foi realizada nos seguintes idiomas português e inglês. As palavras-chave usadas nesse estudo foram: distribuição de energia elétrica, regulação de tensão, bancos de capacitores e controlador de fator de potência.

4. DESENVOLVIMENTO TEÓRICO

4.1 A eficácia da energia elétrica no ambiente industrial

Pode-se afirmar que, eficiência energética nas instalações industriais tornou-se uma prioridade global diante dos crescentes custos com energia elétrica, da necessidade de redução de emissões de gases de efeito estufa e da busca por maior competitividade industrial. No Brasil, o setor industrial representa uma parcela significativa do consumo de energia elétrica, o que justifica a adoção de medidas que visem à racionalização desse consumo (ANEEL, 2022; PROCEL, 2024).

Porém com a implementação de novas tecnologias que visem a otimização do uso da energia, como os bancos de capacitores, é parte essencial dessa estratégia. Segundo Costa et al. (2020), a aplicação de bancos de capacitores contribui diretamente para a melhoria do fator de potência e a consequente redução de perdas elétricas no sistema, promovendo assim maior eficiência.

De acordo com Ferreira e Andrade (2021) destacam que, além dos ganhos financeiros, a eficiência energética está relacionada à sustentabilidade ambiental e à estabilidade operacional das instalações. Em ambientes industriais com grandes variações de carga, como os que operam em turnos ou com linhas de produção flexíveis, a adoção de tecnologias adaptativas de correção de energia reativa mostra-se ainda mais crucial.

Mas conforme as observações de Mendes (2024), a normatização da eficiência energética tem se intensificado no Brasil, especialmente com a ampliação da aplicação da NBR 15187. Porém esta norma possui a finalidade de assegurar que as instalações que utilizam bancos de capacitores estejam em conformidade com os padrões de desempenho e segurança técnica, incentivando uma cultura de eficiência energética baseada em dados e monitoramento contínuo.

Contudo é nesse sentido, o uso racional de energia passa a ser entendido não apenas como uma prática econômica, mas também como um diferencial estratégico para as empresas, especialmente aquelas inseridas em mercados com

alta exigência regulatória e pressão por redução da pegada ambiental (SOUZA & LIMA, 2021).

4.2 Os fundamentos e as normas para a correção do Fator de Potência

Sabe-se que a correção do fator de potência é uma das medidas mais eficazes para melhorar a qualidade da energia elétrica e reduzir custos operacionais. O fator de potência é a relação entre a potência ativa e a potência aparente, sendo ideal que seu valor se aproxime de 1. Valores abaixo de 0,92 podem acarretar multas e penalidades, conforme estabelecido pela Resolução Normativa ANEEL nº 414/2010 (ANEEL, 2022).

Pode-se afirmar que a correção do FP em sistemas industriais empregando banco de capacitores em derivação é o método mais empregado para o controle do FP devido principalmente à sua simplicidade e custo. Os bancos podem ser do tipo fixos ou chaveados (automáticos) sendo que o projeto e escolha do tipo de acionamento é altamente dependente da curva de carga da instalação industrial. Bancos fixos são mais indicados em casos em que a curva de carga industrial possui comportamento pouco variável durante o ciclo de operação, enquanto os bancos chaveados são indicados em casos de variação acentuada do consumo de reativos durante o ciclo de carga da indústria.

De acordo com Silva e Oliveira (2023) explicam que, em instalações industriais, a presença de cargas indutivas é predominante, como motores, transformadores e fornos. Tais cargas geram energia reativa, que não realiza trabalho útil, mas é necessária para o funcionamento dos equipamentos. O excesso dessa energia compromete o desempenho do sistema elétrico, aumentando as perdas e provocando instabilidades.

Porém a instalação de bancos de capacitores visa compensar essa energia reativa, liberando potência capacitativa para neutralizar os efeitos das cargas indutivas. De acordo com Almeida (2014), essa prática não apenas reduz as perdas por efeito Joule, mas também permite a liberação de capacidade na infraestrutura elétrica, podendo evitar a necessidade de ampliação de transformadores e linhas.

De acordo com as normas técnicas brasileiras, como a NBR 5410 e a NBR IEC 61439 fornecem os critérios de projeto, instalação e manutenção desses sistemas.

E segundo Andrade (2020), o cumprimento dessas normas é essencial para evitar riscos operacionais, como ressonâncias, sobretensões ou falhas em sistemas sensíveis.

Para Kumar et al. (2021), essas medidas também têm papel crucial em países em desenvolvimento, onde a infraestrutura elétrica muitas vezes opera no limite de sua capacidade. A correção eficiente do fator de potência alivia a rede e contribui para a segurança energética nacional.

Vale ressaltar que além da correção do fator de potência das instalações industriais, os capacitores propiciam muitos benefícios aos sistemas elétricos no que diz respeito à regulação de tensão, principalmente nos sistemas de transmissão e distribuição, à liberação da capacidade de transformação dos transformadores e de geração de geradores, além de outras melhorias (MAMEDE, 2013).

Porém a vida útil dos capacitores em condições adequadas de operação é de aproximadamente 15 anos. No entanto quando operados sob condições de tensões elevadas e/ou sistemas onde há grande quantidade de cargas não lineares geradoras de frequências harmônicas de diversas ordens podem ser danificados encurtando drasticamente sua vida útil (MAMEDE, 2013).

4.3 Corrigindo o fator de potência nos sistemas industriais

Como discutido anteriormente os bancos de capacitores podem trazer benefícios ao sistema elétrico, entretanto, em algumas condições, principalmente em situações de chaveamentos dos bancos, os capacitores podem provocar no sistema elétrico fenômenos de sobrecorrente e/ou sobretensão que podem causar danos tanto nas próprias células capacitivas do banco, como em outros equipamentos ligados ao sistema elétrico (BAGGINI, 2008).

Porém nas operações de chaveamento dos bancos de capacitores os transitórios eletromagnéticos devidos as sobretensões e sobrecorrentes podem causar o desligamento indevido de cargas sensíveis (inversores de frequência e equipamentos eletrônicos), a queima de reatores ou do próprio banco de capacitores, além de causar danos irreversíveis a outros equipamentos do sistema.

Conforme os estudos de (Miranda e Primo, 2017) onde os autores acabam realizando estudos um estudo de transitórios eletromagnéticos no sistema elétrico industrial de um terminal portuário.

No trabalho são realizadas doze simulações considerando três alternativas de solução para a redução das perturbações de tensão e corrente, envolvendo reatores e resistores em série e bancos de capacitores chaveados.

Adicionalmente aos fenômenos transitórios, outro problema que deve ser considerado na correção do fator de potência empregando banco de capacitores é o fenômeno de ressonância. Quando os bancos de capacitores são conectados no sistema, a indutância do transformador somada a do capacitor pode resultar em um circuito ressonante que pode ser excitado por uma corrente harmônica gerada por cargas não lineares. Estas constituem-se principalmente por cargas acionadas por inversores de frequência largamente empregados em acionamentos de motores de indução.

Este circuito ressonante tem uma frequência de ressonância, e se a corrente harmônica desta frequência (ou próxima) estiver presente no sistema industrial, isto levará o circuito a uma condição de ressonância onde uma elevada corrente harmônica fluirá pelos ramos do circuito, causando sobretensão no capacitor e em todo o sistema elétrico que está conectado em paralelo (BAGGINI, 2008). Para evitar esse tipo de fenômeno é empregada a filtragem utilizando um filtro dessintonizado que é exclusivo para a correção do FP. A ideia é evitar o risco da condição de ressonância por meio do deslocamento da frequência de ressonância a valores menores onde correntes harmônicas não estão presentes.

No entanto isso somente é alcançado através da modificação do circuito LC básico composto pelo transformador e banco de capacitores, introduzindo um filtro (reator) em série com o banco de capacitor (BAGGINI, 2008). A frequência de sintonia é normalmente referida de forma indireta ao fator de dessintonia (FDS) e expresso em porcentagem. O FDS é projetado tal que o conjunto capacitor/reator torna-se indutivo para frequências abaixo da primeira harmônica identificada no sistema (WEG, 2023).

No entanto deve-se levar em consideração que quando o fator de potência estiver abaixo de 0,92, pode-se ter algumas anomalias no sistema elétrico, como queda nos níveis de tensão, aumento da corrente, podendo causar aquecimento nos condutores, sobretudo em pontos mais distantes da instalação, dependendo do nível pode-se ativar o sistema de proteção, interrompendo o fornecimento de energia para a fábrica (MARTINHO, 2009).

Calculo de Fator de Potência

Dados: 380V – 300A – 3F – 167,83kW

- Descobrir potência Aparente Total – **VaI**

$$VaI = V \times A \times \sqrt{3}$$

$$VaI = 380V \times 300A \times 1,732$$

$$VaI = 197,44kVa$$

- Descobrir o **FP** que está

$$FP = \frac{W}{Va} = \frac{167,83kW}{197,44kVa} = 0,85 \rightarrow \cos \phi$$

- Descobrir o Ângulo de 0,85.

Arccos (COS ϕ)

Arccos (0,85)=31,78°

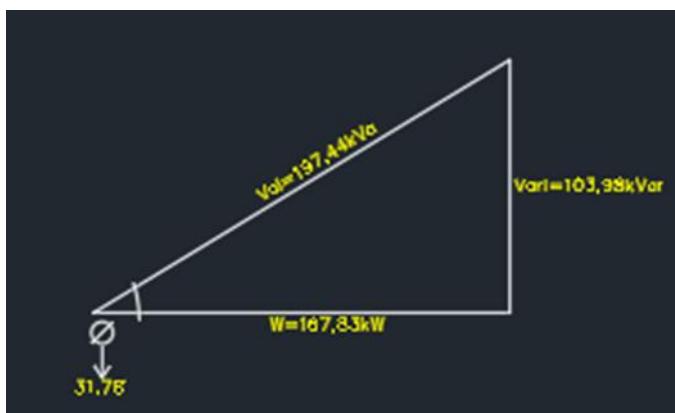
- Descobrir o Var gerado sem correção.

Varl=Val×Sen (31,78°)

Varl=197,44kVa×Sen (31,78°)

Varl=103,98kVar

- Ângulo sem Correção



Fator que queremos corrigir → 0,95

Descobrir o Ângulo de 0,95.

Arccos (0,95)=18,19° → Novo Ângulo

- Descobrir potência Aparente Final – **VaF**

$$VaF = \frac{W}{FP} = \frac{167,83kW}{0,95} = 176,66kVaF$$

- Descobrir o **Var** gerado com correção.

$$VarF = 176,66kVaF \times \text{Sen} (18,19^\circ)$$

$$VarF = 55,14kVar$$

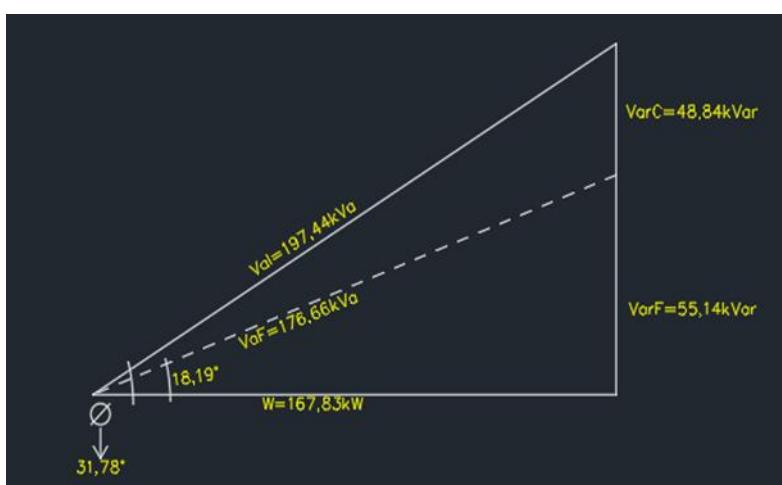
- **Var** que iríamos corrigir seguindo $FP = 0,95$

$$VarC = VarI - VarF$$

$$VarC = 103,98kVarI - 55,14kVarF$$

$$VarC = 48,84kVar$$

- Ângulo Corrigido



Var anterior que estava $\rightarrow 103,98kVar$ e $FP = 0,85$

Var atual $\rightarrow 55,14kVar$ corrigindo $48,84kVar$ em $\rightarrow FP = 0,95$

Mas a pedido do cliente foi colocado $70kVar$ para previsão futura de carga!!

Calculo da multa

Dados: $W = 167,83kW/h$

Para descobrir gasto mensal

$$W = 167,83kWh \times 8hdia \times 22dmês$$

$$W = 28.195kW$$

Descobrir o valor pago

Valor cobrado em media – 1,23R\$ por kW

$$Valor Multa = Valor P$$

$$ago \times \left(\frac{Fator Exigido}{Fator Medido} - 1 \right)$$

$$Valor Multa = 34.679,85R\$ \times \left(\frac{0,92}{0,85} - 1 \right)$$

$$Valor Multa = 34.679,85R\$ \times (1,082 - 1)$$

$$Valor Multa = 34.679,85R\$ \times 0,082$$

$$Valor Multa = 2.843,74R\$$$

$$Valor Pago + Multa = 34.679,85 + 2.843,74R\$$$

$$Valor Pago + Multa = 37.523,59R\$$$

4.4 Projeto do Quadro / As Built

Figura 1 – Folha de Rosto

OBRA: *-*-*-*

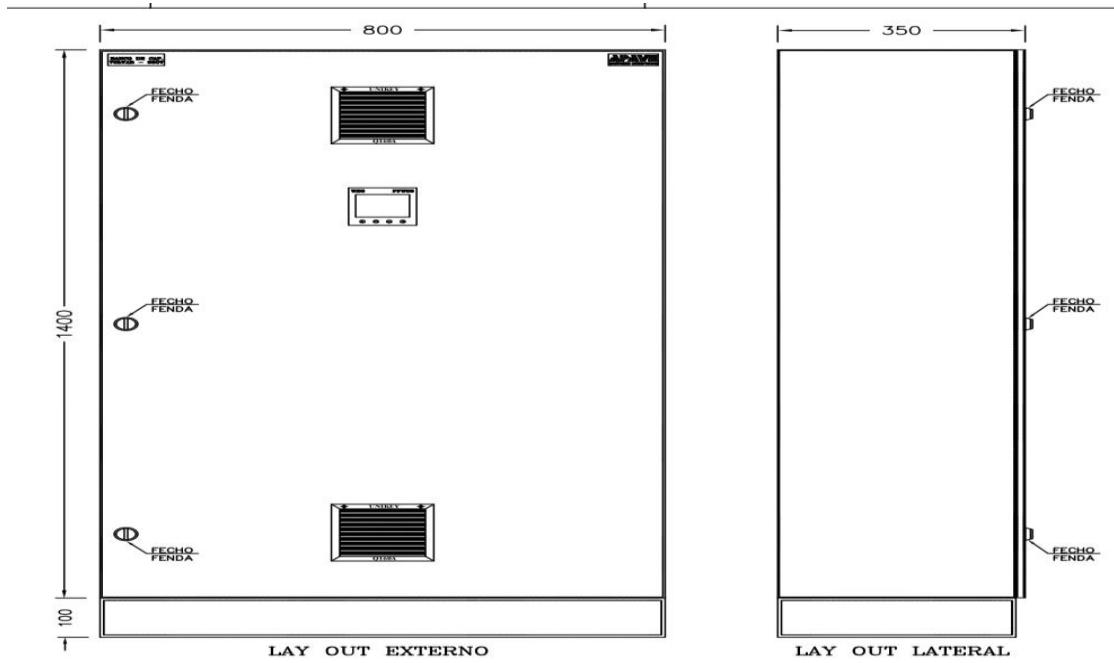
CLIENTE: *-*-*-*

EQUIPAMENTO: BANCO DE CAP. - 70kVAR - 380V

OBRA:			
		RESP. TÉCNICO	DATA
		PROJ: VINICIUS	07/05/25
		MONT: MARCOS HL	07/05/25
		VERIF: GILBERTO	07/05/25
		APROV: ENG: GILBERTO	07/05/25
		REF.: *-*-*-*	⊕
CONTRATADA:			
--*-*			
FABRICANTE: APAVE PAINÉIS COM. DE MAT. ELÉTRICOS LTDA. R. Dr José J. Cury, 320 - Dist. Ind. Tancredo Neves CEP 15076-610 - São José do Rio Preto - SP FONE: (17) 3238-2764 / 3238-2774 e-mail: apave@terra.com.br www.apavepainéis.com.br			
EQUIPAMENTO: BANCO DE CAP. - 70kVAR - 380V			
ESCALA: 1/1	DIMENSÕES: 1500x800x350mm	FOLHA: 01/06	

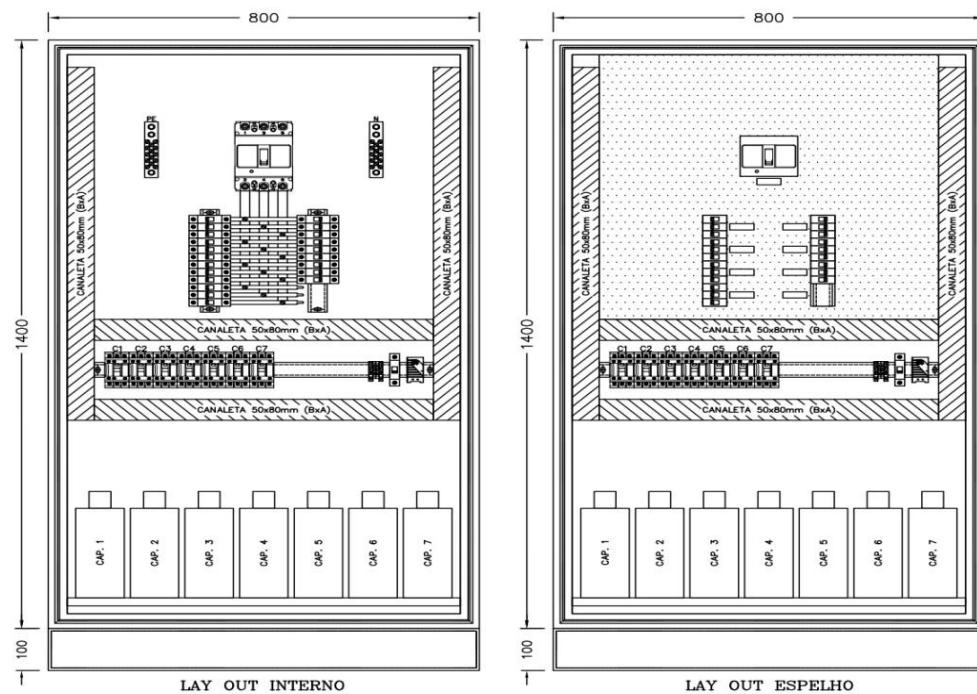
Fonte: Autores

Figura 2 – Layout externo Frontal e Lateral



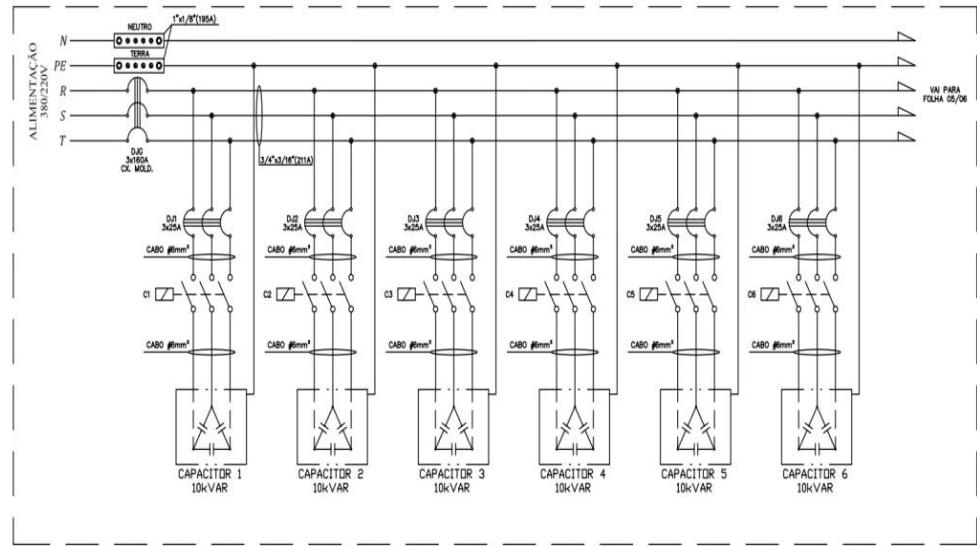
Fonte: Autores

Figura 3 – Layout Interno e espelho



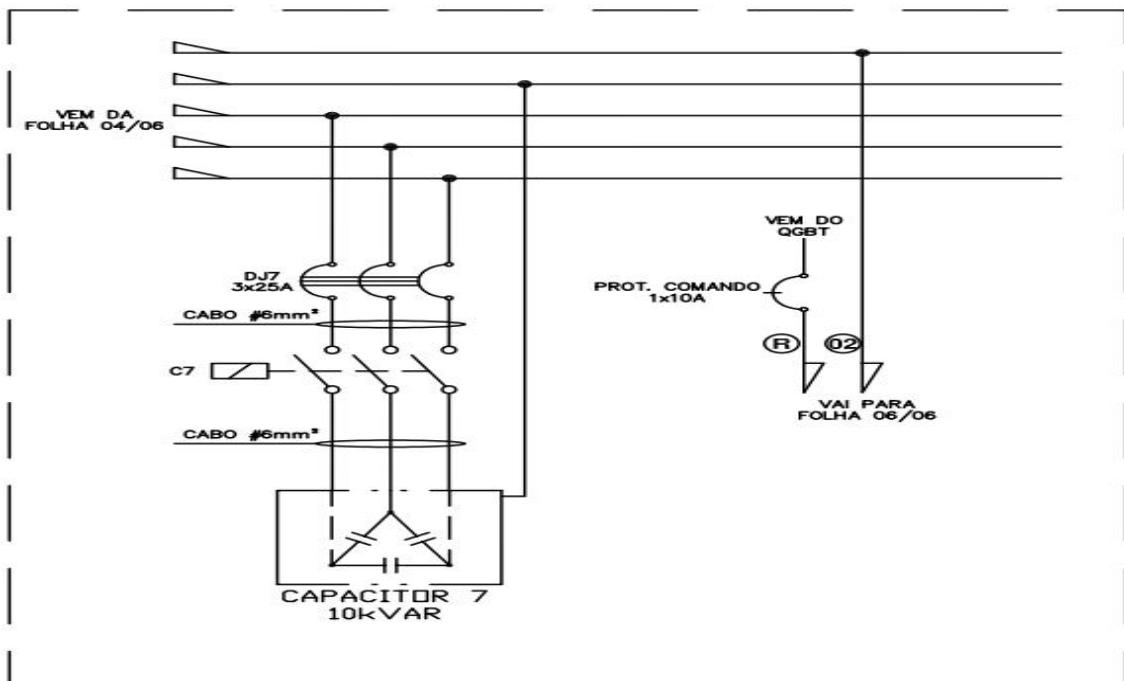
Fonte: Autores

Figura 4 – Diagrama de força



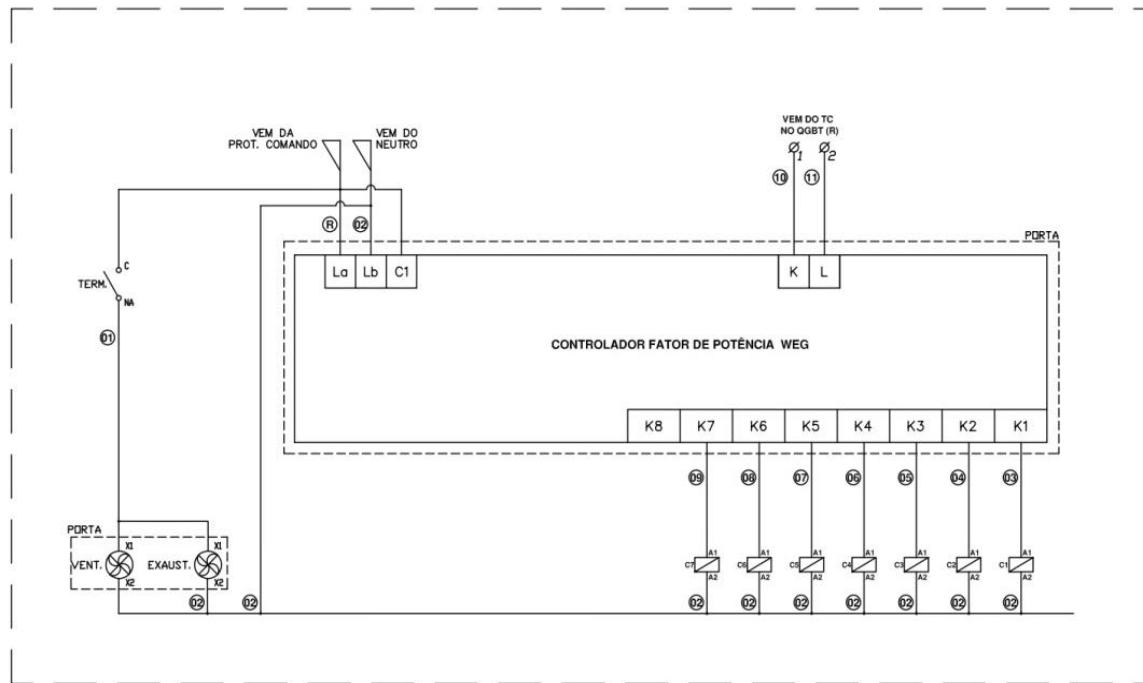
Fonte: Autores

Figura 5 – Diagrama de Força



Fonte: Autores

Figura 6 – Diagrama de Comando



Fonte: autores

5. ORÇAMENTO

Item	Qtde	Unid.	Descrição	Modelo	Marca	Preço unit.	Preço total	Fonte	Preço cobrado:
0.1	1	pç	Caixa de sobrepor (1400+100x800x350)mm com placa de montagem + Soleira	"	BSE PAINÉIS	R\$ 1.911,35	R\$ 1.911,35	https://loja.bsep.com.br	R\$ 1.491,67
0.2	1,5	kg	Barramento de cobre - 3/4"x3/16"	"	METAIS RIO PRETO	R\$ 107,00	R\$ 160,50	(17) 99204-4323	R\$ 160,50
0.3	0,3	kg	Travessas de cobre - 3/8"x1/16"	"	METAIS RIO PRETO	R\$ 107,00	R\$ 32,10	(17) 99204-4323	R\$ 75,44
0.4	0,5	kg	Barramento terra - 1"x1/8"	"	METAIS RIO PRETO	R\$ 107,00	R\$ 53,50	(17) 99204-4323	R\$ 125,73
0.5	0,5	kg	Barramento neutro - 1"x1/8"	"	METAIS RIO PRETO	R\$ 107,00	R\$ 53,50	(17) 99204-4323	R\$ 125,73
0.6	30	pç	Etiquetas acrílica	"	INTSPLAQ	R\$ 2,80	R\$ 78,00	https://produto.net	R\$ 183,30
0.7	1	cj	Adesivos de advertência	"	SQA INSTALAÇÃO	R\$ 59,50	R\$ 59,50	https://www.mercadolivre.com.br	R\$ 139,83
0.8	1	pç	Espelho de policarbonato - 670x635mm	"	CLCRILACRLI	R\$ 169,00	R\$ 169,00	https://www.mercadolivre.com.br	R\$ 397,15
0.9	3,14	mt	Canaleta de pvc 50x80mm	"	ELETRORASTRO	R\$ 39,71	R\$ 124,69	https://www.eletroastro.com.br	R\$ 293,02
0.10	0,56	mt	Trilho para fixação de componentes - Alto	"	MULTIFRIO SHOP	R\$ 27,32	R\$ 15,30	https://produto.net	R\$ 35,95
0.11	0,62	mt	Trilho para fixação de componentes - Baixo	"	MULTIFRIO SHOP	R\$ 27,32	R\$ 16,94	https://produto.net	R\$ 39,81
0.12	1	pç	Disjuntor 3x160A - Cx. Mold.	DWP250L-160-3	WEG	R\$ 579,89	R\$ 579,89	https://www.view.com.br	R\$ 1.362,74
0.13	7	pç	Disjuntor 3x25A	MDW-P	WEG	R\$ 66,10	R\$ 462,70	https://www.view.com.br	R\$ 1.087,35
0.14	1	pç	Disjuntor 1x10A	MDW	WEG	R\$ 12,69	R\$ 12,69	https://www.view.com.br	R\$ 29,82
0.15	7	pç	Capacitor 10kVAr - 380V	MKP380-D-8,3	EPCOS	R\$ 489,00	R\$ 3.423,00	https://www.mercadolivre.com.br	R\$ 8.044,05
0.16	7	pç	Contator para capacitor 10kVAr - 380V	CWBC18-21-30D23	WEG	R\$ 247,33	R\$ 1.731,31	https://www.view.com.br	R\$ 4.068,58
0.17	1	pç	Controlador de fator de potência 8 estag.	PFV03-M8	WEG	R\$ 2.516,90	R\$ 2.516,90	https://www.mercadolivre.com.br	R\$ 5.914,72
0.18	1	pç	Termostato	TRS1-R	METALTEX	R\$ 46,73	R\$ 46,73	https://www.mercadolivre.com.br	R\$ 109,82
0.19	2	pç	Ventilação forçada + Grelha	120x120mm	METALTEX	R\$ 262,00	R\$ 524,00	https://produto.net	R\$ 1.231,40
0.20	2	pç	Borne 2,5mm ²	"	METALTEX	R\$ 2,42	R\$ 4,84	https://www.mercadolivre.com.br	R\$ 11,37
0.21	1	pç	Tampa borne 2,5mm ²	"	METALTEX	R\$ 1,25	R\$ 1,25	https://www.mercadolivre.com.br	R\$ 2,94
0.22	2	pç	Poste final	"	METALTEX	R\$ 1,59	R\$ 3,18	https://www.mercadolivre.com.br	R\$ 7,47
0.23	180	pç	Terminal 6,0mm ²	"	STARK	R\$ 0,47	R\$ 84,80	https://www.mercadolivre.com.br	R\$ 198,81
0.24	50	pç	Terminal 2,5mm ²	"	STARK	R\$ 0,11	R\$ 5,50	https://www.mercadolivre.com.br	R\$ 12,93
0.25	230	pç	Anilhas de identificação	"	HELLERMAN	R\$ 0,05	R\$ 11,50	https://www.mercadolivre.com.br	R\$ 27,03
0.26	30	mt	Cabo flex 6,0mm ²	"	COBRECOM	R\$ 6,13	R\$ 183,90	https://www.mercadolivre.com.br	R\$ 432,17
0.27	15	mt	Cabo flex 2,5mm ²	"	COBRECOM	R\$ 2,47	R\$ 37,05	https://www.mercadolivre.com.br	R\$ 87,07
0.28	120	mt	Cabo flex 1,0mm ²	"	COBRECOM	R\$ 1,09	R\$ 130,80	https://www.godox.com.br	R\$ 307,38
0.29	1	pç	Porta projeto	"	ELITEK	R\$ 25,00	R\$ 25,00	https://www.mercadolivre.com.br	R\$ 58,75
0.30	2	pç	Isolador epóxi paralelo - 16x25mm ²	"	JNG	R\$ 4,70	R\$ 9,40	https://www.eletroastro.com.br	R\$ 22,09
			TOTAL				R\$ 12.468,62		TOTAL COBRADO:
								R\$ 29.302,00	
					Multiplicador:	2,35			

Fonte: Autores

6. MONTANDO UM QUADRO ELÉTRICO

6.1 Quadro de Sobrepor

O quadro de comando elétrico é a estrutura que abriga e organiza todos os componentes do banco de capacitores, garantindo proteção mecânica e elétrica aos dispositivos internos. Com dimensões de 1400x800x350 mm e grau de proteção IP54, ele assegura resistência contra poeira e respingos de água, oferecendo segurança tanto para o equipamento quanto para os operadores. Além da sua forma robusta, o quadro possibilita uma disposição adequada dos componentes, facilitando a manutenção, a ventilação e o acesso para futuras expansões do sistema, como mostra na figura 8.

Figura 8 – Quadro de Sobrepor



Fonte: autores

6.2 O Minidisjuntor WEG Tripolar

O Minidisjuntor WEG Tripolar 25A Curva C MDWP-C25-3 é projetado para proteger circuitos elétricos trifásicos contra sobrecargas e curtos-circuitos, garantindo maior segurança e confiabilidade nas instalações.

Características:

Corrente nominal (In): 25,0 A

Curva de disparo: Curva C (dispara entre 5 a 10 vezes a corrente nominal, garantindo proteção contra sobrecarga e curto-circuito)

Número de polos: 3 polos (ideal para sistemas trifásicos)

Tensão máxima de emprego (CA): 400 V

Faixa de frequência de operação: 50 Hz a 60 Hz (adequado para a maioria das redes elétricas)

Função: Proteção contra sobrecarga e curto-circuito em sistemas trifásicos de 25A. A sua aplicação: Ideal para proteger circuitos elétricos trifásicos, oferecendo segurança e estabilidade, como é mostrado na figura 9.

Figura 9 - Minidisjuntor WEG Tripolar



Fonte: Autores

6.3 O Minidisjuntor WEG Unipolar

Este dispositivo de proteção elétrica projetado para interromper automaticamente o circuito em casos de sobrecarga ou curto-círcuito. Com corrente nominal de 10,0 A, é ideal para sistemas que requerem proteção de circuitos com maior capacidade de corrente.

Suas principais características:

Corrente nominal (In): 10,0 A

Curva de disparo: Curva C (dispara entre 5 a 10 vezes a corrente nominal, proporcionando proteção eficaz contra sobrecarga e curto-círcuito);

Número de polos: 1 polo (indicado para sistemas unipolares);

Tensão máxima de emprego (CA): 400 V;

Faixa de frequência de operação: 50 Hz a 60 Hz (compatível com redes elétricas comuns);

Aplicação: Proteção de circuitos elétricos em instalações residenciais, comerciais e industriais;

Função: Interrupção automática do circuito em caso de sobrecarga ou curto-círcuito, garantindo a segurança de equipamentos e instalações. Como será mostrado na figura 10.

Figura 10 - Minidisjuntor WEG Unipolar



Fonte: Autores

6.4 Contator Para Capacitores

Os contatores da linha CWBC possuem resistores que limitam as correntes de pico na manobra dos capacitores. Estes resistores, montados em série aos blocos de contatos adiantados dos contatores, são conectados antes dos contatos principais, fazendo assim a pré-carga dos capacitores. Após o fechamento dos contatos principais, os resistores são desconectados do circuito, permanecendo somente os capacitores em paralelo com sua carga indutiva para a apropriada correção de fator de potência. Como mostra a figura 11.

Figura 11 – Contator Para Capacitores

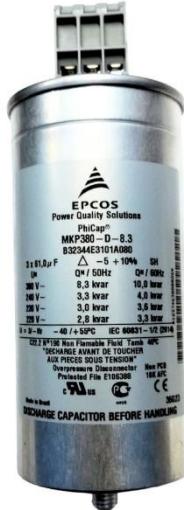


Fonte: Autores

6.5 Capacitor Trifásico EPCOS 380V – 10kVar

A função de capacitores 380V trifásicos em um banco de capacitores é corrigir o fator de potência em sistemas elétricos, compensando a energia reativa consumida por cargas indutivas como motores. Isso resulta em redução de perdas de energia, diminuição do custo na conta de luz e aumento da vida útil dos equipamentos. Como mostra a figura 12.

Figura 12 – Capacitor Trifásico EPCOS 380V – 10kVar



Fonte: Autores

6.6 Controlador de Fator de Potência Weg Monofásico (PFW)

O PFW é um equipamento de automação destinado ao monitoramento permanente da potência reativa da instalação e ao controle do fator de potência. Este controle no PFW é feito através da conexão e desconexão dos estágios de capacitores. Desta forma, o Controlador Automático do Fator de Potência capacita o sistema de distribuição de potência a operar com a máxima eficiência através da redução da potência reativa. Além disto, informa parâmetros elétricos tais como: corrente, tensão, potência, energia, demandas e valores máximos e mínimos. Como mostra a figura 13.

Figura 13 - Controlador de Fator de Potência Weg Monofásico (PFW)



Fonte: Autores

6.7 Termostato Metaltex TRS1-R

O termostato Metaltex TRS1-R é um dispositivo bimetálico projetado para controle de resfriamento em painéis elétricos e outros equipamentos industriais e comerciais, utilizando um sensor de ação rápida para monitorar e manter a temperatura dentro de uma faixa de 0 a 60°C. Ele funciona como um interruptor que liga ou desliga equipamentos (como ventiladores) para evitar o superaquecimento e garantir o funcionamento adequado do sistema, como será mostrado na figura 14.

Figura 14 – Termostato Metaltex TRS1-R



Fonte: Autores

6.8 Disjuntor WEG DWP250L-160-3

Se trata de um disjuntor tripolar de caixa moldada, projetado para proteger circuitos elétricos de baixa tensão trifásicos contra sobrecargas e curto-circuitos. Ele possui disparo termomagnético fixo, ou seja, com proteção térmica contra sobrecarga e magnética contra curtos, sem ajuste fino pelo usuário. Sua corrente nominal é de 160 amperes, e ele opera em sistemas com tensões típicas de 220 V, 380 V ou 440 V, com capacidade de interrupção de até 25 kA, assim como será demonstrado na figura 15.

Figura 15 – Disjuntor Caixa Moldada WEG DWP250L-160-3



Fonte: Autores

6.9 Isolador Epóxi Paralelo

O Isolador Epóxi Paralelo 16x25mm com Rosca 1/4" Pol – IBTP 16X25 1/4 da Cebel é um componente para sistemas elétricos de baixa tensão, feito em resina epóxi laranja, com rosca BSW 1/4", 16 mm de diâmetro e 25 mm de altura. Ele oferece isolamento elétrico eficiente, alta resistência mecânica e térmica, sendo ideal para fixação de barramentos em painéis e quadros de distribuição. Da mesma forma como mostra na figura 16.

Figura 16 – Isolador Epóxi Paralelo



Fonte: Autores

6.10 Porta-documentos para quadros elétricos

Os porta-documento para quadros elétricos (que protege documentos como diagramas e manuais contra poeira e umidade, sendo instalado no próprio quadro elétrico), da mesma forma como mostra na figura 17.

Figura 17 – Porta-documentos para quadros elétricos



Fonte: Autores

6.11 Barramento de Cobre

O barramento de cobre é responsável por conduzir a energia dentro do banco de capacitores. Ele funciona como uma “espinha dorsal elétrica”, distribuindo a corrente de forma eficiente entre os componentes. Por ser de cobre, oferece excelente condutividade elétrica, baixa resistência e alta durabilidade, garantindo segurança e confiabilidade ao sistema. Além disso, facilita as conexões e ajuda a manter o painel organizado e com menor risco de aquecimento, como mostra na figura 18.

Figura 18 – Barramento de Cobre



Fonte: Autores

6.12 Cabo Flexível

O cabo flexível é usado para conduzir energia elétrica de forma segura e confiável, permitindo fácil manuseio e instalação, mesmo em curvas ou espaços apertados. Feito de fios multifilares de cobre com isolamento resistente, ele garante boa condutividade, durabilidade e segurança contra sobrecarga ou aquecimento. Esse tipo de cabo é amplamente utilizado em painéis elétricos, bancos de capacitores, equipamentos industriais e instalações residenciais ou comerciais, contribuindo para um sistema elétrico eficiente, organizado e seguro. Como mostra na figura 19.

Figura 19 – Cabo Flexível



Fonte: Autores

6.13 Microventilador + Grelha

O microventilador com grelha é responsável por garantir a ventilação e refrigeração adequadas dentro do banco de capacitores, evitando o superaquecimento dos componentes. O ventilador promove a circulação do ar, mantendo a temperatura interna estável e aumentando a vida útil dos capacitores e contatores. A grelha, por sua vez, protege o painel contra poeira e impurezas, além de direcionar o fluxo de ar. Juntos, proporcionam maior eficiência, segurança e durabilidade ao sistema. Como mostra na figura 20.

Figura 20 – Microventilador + Grelha



Fonte: Autores

6.14 Borne

O borne 2,5mm² é usado para ligar cabos flexíveis de 2,5mm² em painéis e equipamentos elétricos, garantindo que a conexão seja firme e segura. Ele é feito de metal resistente e condutivo, que não enferruja facilmente, e permite que os fios multifilares sejam presos sem problemas, evitando mau contato ou superaquecimento. Esse tipo de borne é muito comum em bancos de capacitores, painéis de comando e instalações industriais ou residenciais, porque facilita a manutenção e dura bastante tempo. Usar o borne correto faz diferença na eficiência do sistema elétrico e ajuda a manter tudo funcionando de forma segura e confiável. Como mostra na figura 21.

Figura 21 – Borne



Fonte: Autores

6.15 Tampa para Borne

A tampa do borne Metaltex 2,5 mm serve para proteger a conexão dos cabos, evitando contato acidental e poeira, mantendo o borne seguro e aumentando a durabilidade do sistema. Feita de material resistente, ela se encaixa facilmente sobre o borne, garantindo proteção sem dificultar a manutenção. É muito usada em painéis elétricos, bancos de capacitores e instalações industriais ou residenciais, ajudando a manter a segurança e a confiabilidade da conexão. Como mostra na figura 22.

Figura 22 – Tampa para Borne



Fonte: Autores

6.16 Poste final

Em painéis elétricos (bornes em trilhos DIN), o poste final (ou borne limitador/trava final) é um acessório crucial utilizado para a organização e segurança dos componentes. Sua função principal é travar e impedir que os bornes deslizem lateralmente ao longo do trilho DIN. Ele garante o alinhamento de todo o conjunto, prevenindo o movimento causado por vibrações, impactos ou manutenções, o que assegura a integridade das conexões e previne falhas de contato ou curtos-circuitos, o poste final serve para ancorar, estabilizar, delimitar ou travar um sistema, sendo fundamental para a integridade e segurança da estrutura em que é aplicado. Como mostra na figura 23.

Figura 23 – Poste final



Fonte: Autores

6.17 Terminais

Os terminais ilhós pré-isolados simples são usados para finalizar e proteger cabos em conexões elétricas, garantindo contato seguro e evitando desgaste ou mal contato. Feitos de metal condutor com isolamento resistente, eles facilitam a fixação em parafusos ou bornes, mantendo a instalação organizada e segura. Esse tipo de terminal é amplamente utilizado em painéis elétricos, quadros de distribuição, bancos de capacitores e outras instalações industriais ou residenciais, contribuindo para a durabilidade, eficiência e segurança do sistema elétrico. Como mostra na figura 24.

Figura 24 – Terminais



Fonte: Autores

6.18 Anilhas de Identificação

As anilhas de identificação são usadas para marcar e organizar cabos e fios, facilitando a identificação das conexões em painéis elétricos e instalações. Feitas de material resistente, elas garantem durabilidade e mantêm a identificação visível mesmo com o uso contínuo. Esse tipo de acessório é muito útil em painéis, quadros de distribuição, bancos de capacitores e outros sistemas elétricos, ajudando a manter a instalação mais organizada, segura e fácil de manter. Como mostra na figura 25.

Figura 25 – Anilhas de Identificação



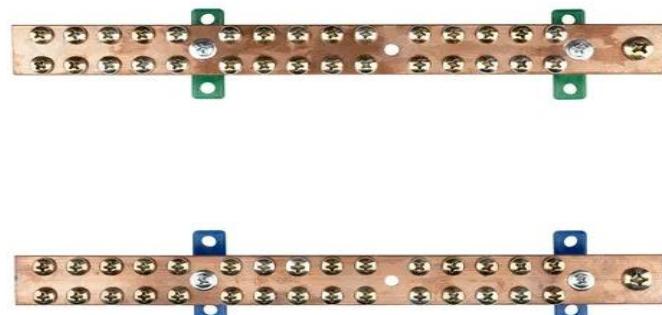
Fonte: Autores

6.19 Barramento de Terra e Neutro

O barramento de terra e neutro tem a função de centralizar e organizar as conexões de aterramento e do condutor neutro dentro do quadro elétrico.

Ele garante que todas as ligações fiquem firmes, seguras e bem distribuídas, evitando emendas soltas ou desorganizadas. Além de facilitar a instalação e manutenção, esse barramento aumenta a confiabilidade do sistema, proporcionando maior segurança elétrica contra falhas e choques, da mesma forma como será mostrado na figura 26.

Figura 26 – Barramento de Terra Neutro



Fonte: Autores

6.20 Etiquetas Acrílicas

Essas etiquetas acrílicas são utilizadas para identificar os componentes e comandos presentes no quadro de banco de capacitores. Elas tornam a operação mais simples e segura, pois ajudam o usuário a localizar funções como liga/desliga, disjuntores, reset, modo manual ou automático, entre outras. Além de trazer organização e clareza visual ao painel, também contribuem para a segurança, evitando erros de manuseio e facilitando a manutenção, da mesma forma como será mostrado na figura 27.

Figura 27 - Etiquetas Acrílicas



Fonte: Autores

6.21 Adesivos de Advertência

Os adesivos de advertência são essenciais para garantir a segurança no quadro elétrico, pois sinalizam os riscos e orientam corretamente os profissionais que irão manusear o equipamento. Eles indicam informações importantes como tensão aplicada, acesso restrito, necessidade de bloqueio e autorização para operação.

O uso dessas sinalizações não é apenas uma boa prática, mas também uma exigência normativa. A NR-10 (Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade) determina a obrigatoriedade da sinalização de segurança em áreas com risco elétrico, enquanto a NBR 5410 (Instalações Elétricas de Baixa Tensão) também reforça a importância da identificação adequada de quadros e circuitos. Dessa forma, os adesivos não só previnem acidentes, mas também asseguram conformidade com a legislação vigente, como será mostrado na figura 28.

Figura 28 – Adesivos de Advertência



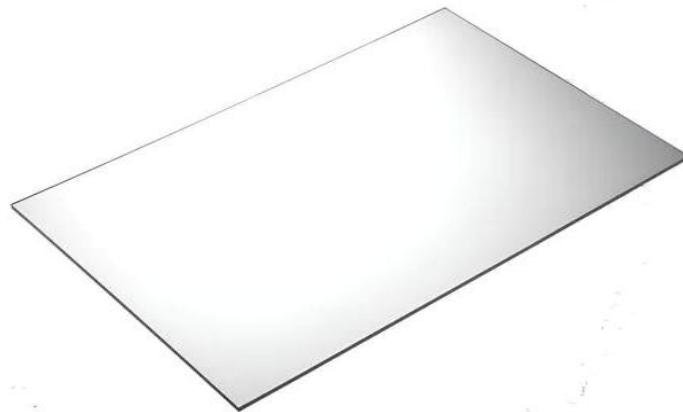
Fonte: Autores

6.22 Espelho de Policarbonato

O policarbonato é um material plástico transparente e resistente, bastante utilizado em projetos elétricos e eletrônicos devido à sua durabilidade e isolamento elétrico. No nosso banco de capacitores, ele será usado como painel de proteção e suporte, garantindo que os componentes internos fiquem seguros, enquanto permite a visualização do interior do quadro, sem comprometer a segurança ou a estética do equipamento.

Além disso, sua leveza e resistência a impactos tornam o policarbonato uma escolha prática e confiável para aplicações industriais, como é mostrado na figura 29.

Figura 29 - Espelho de Policarbonato



Fonte: Autores

6.23 Canaleta de PVC

A canaleta de PVC é um componente essencial em instalações elétricas, utilizada para organizar e proteger os cabos e fios, evitando que fiquem expostos e sujeitos a danos ou interferências. Além de contribuir para a segurança do sistema, a canaleta também ajuda a manter a instalação mais limpa e visualmente organizada. Fabricada em PVC, material leve, resistente e isolante elétrico, ela é uma escolha prática e eficiente para ambientes residenciais, comerciais e industriais, como será mostrado na figura 30.

Figura 31 – Canaleta de PVC



Fonte: Autores

6.24 Trilho para fixação de componentes

O trilho para fixação de componentes, também conhecido como perfil DIN, é amplamente utilizado em quadros de comando elétricos e painéis de automação. Ele serve como base para a fixação segura de dispositivos elétricos, como disjuntores, relés e contatores, permitindo uma organização eficiente e padronizada dos componentes. Fabricado em materiais resistentes e isolantes, o trilho garante estabilidade, facilita manutenções futuras e contribui para a segurança da instalação elétrica, como pode ser visto na figura 32.

Figura 32 – Trilho para fixação de componentes



Fonte: Autores

6.25 Quadro Montado/Instalado no Local

Após a junção dos componentes citados acima tem-se um quadro de comando; Sua função principal é proteger, organizar e distribuir a energia elétrica para todos os circuitos e máquinas de uma instalação, seja ela residencial ou industrial, como será mostrado nas figuras.

Figura 33 – Componentes Montados



Fonte: Autores

Figura 34 – Componentes Montados



Fonte: Autores

Figura 35 – Componentes Montados



Fonte: Autores

Figura 36 – Componentes Montados



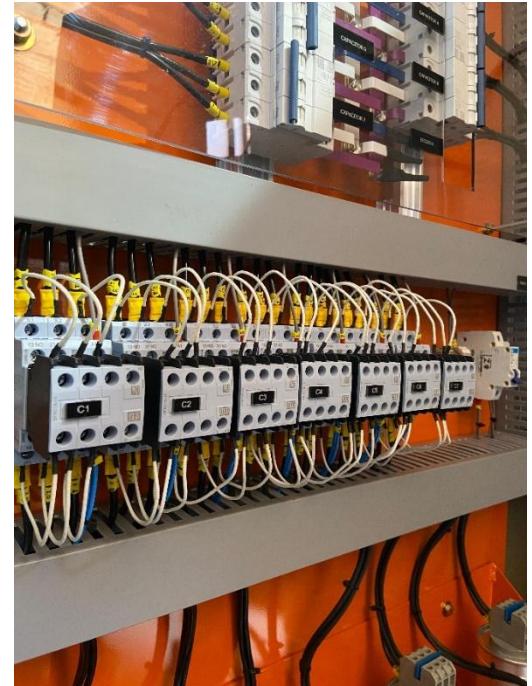
Fonte: Autores

Figura 37 – Componentes Montados



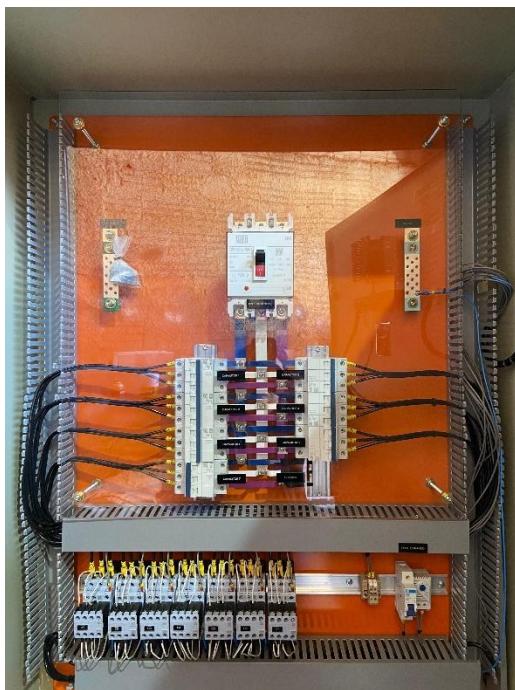
Fonte: Autores

Figura 38 – Componentes Montados



Fonte: Autores

Figura 39 – Componentes Montados



Fonte: Autores

Figura 40 – Componentes Montados



Fonte: Autores

Figura 41 – Quadro Instalado no Local



Fonte: Autores

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através desse estudo de caso pode-se compreender que a montagem de um painel, onde estão dispostos todos os disjuntores e com demarcação fica mais fácil controlar o gasto de energia durante o expediente de trabalho, e quando finaliza o mesmo, dessa forma ocorre uma redução no gasto de energia com um sistema de capacitadores bem posicionado. Vale ressaltar a necessidade de ter mais estudos relacionado à temática seja por estudo de caso ou até mesmo por meio de uma revisão e/ou atualização de literatura.

REFERENCIAS

ANDRADE, V. S. Normas técnicas e segurança na instalação de bancos de capacitores. Revista Brasileira de Instalações Elétricas, [S.I.], v. 6, n. 1, p. 33–41, 2020.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Relatório anual de eficiência energética. Brasília: ANEEL, 2022.

BAGGINI, A. Handbook of Power Quality. England: John Wiley & Sons LTD, 2008.

BARROS, B; BORELLI, R; GEDRA, R. Eficiência Energética: Técnicas de Aproveitamento, Gestão de Recursos e Fundamentos. São Paulo: Editora Érica, 2015.

COSTA, L. GAIER, R. V. Crise hídrica no Brasil deve gerar "disputa pela água", dizem especialistas. 2021. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/business/2021/05/28/crise-hidrica-no-brasil-deve-gerar-disputa-pela-agua-dizem-especialistas>

COSTA, L. F. et al. Riscos associados ao sobredimensionamento de bancos de capacitores. Revista Brasileira de Engenharia Elétrica, [S.I.], v. 15, n. 2, p. 45–53, 2020.

KUMAR, A. et al. Energy optimization using capacitor banks in power distribution networks. International Journal of Electrical Power & Energy Systems, v. 130, p. 106908, 2021.

MAMEDE FILHO, J. Instalações Elétricas Industriais. 9^a Edição. Editora LTC, 2017

MAMEDE FILHO, J. Manual de Equipamentos Elétricos. 4 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

MARTINHO, Edson. Distúrbio da Energia Elétrica. ÉRICA, 2009. 144 p.

MENDES, L. A. A importância da NBR 5410 e NBR 15187 na correção do fator de potência. Boletim ABNT Engenharia, [S.I.], ed. esp., p. 12–18, 2024.

MIRANDA, G.C; PRIMO, H.F. Estudo de mitigação de transitórios de chaveamento de capacitores. Revista Eletricidade Moderna, 2017, p. 24-33.

PROCEL; INMETRO. Guia técnico para correção de fator de potência em indústrias. Rio de Janeiro: Procel/INMETRO, 2024.

SILVA, R. A.; OLIVEIRA, C. M. Manutenção preventiva em sistemas de compensação de reativos. Caderno Técnico da Eletrobras, [S.I.], v. 12, p. 17–25, 2023.

SOUZA, A. M.; LIMA, F. B. Sustentabilidade energética e bancos de capacitores: uma abordagem ambiental. Revista de Engenharia Sustentável, [S.I.], v. 7, n. 4, p. 55–62, 2021.

WEG, CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA. Disponível em:<https://static.weg.net/medias/downloadcenter/hda/ha0/WEGcapacitoresparacorrecao-do-fator-de-potencia-50009818-pt.pdf>, p. 52.. Acesso em: 26 jan. 2023.