



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA
ENGENHARIA ELÉCTRICA

TRABALHO DE LICENCIATURA

Tema:

Estudo de Técnicas de compensação de Energia Reactiva para Correção de Factor de Potência em Zonas Industriais Por Meio de Banco de Capacitores e Elaboração de Plano de Reposição de Banco Capacitor da SE1.2 de 250kVAr/440V/50Hz da Empresa CFM - Sul

Autor:

SERILO, Felner Adelino

Supervisor:

Engº. Dinis A. Chissano

Maputo, Setembro de 2021



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA
ENGENHARIA ELÉCTRICA – LABORAL
TRABALHO DE LICENCIATURA

Tema:

Estudo de Técnicas de compensação de Energia Reactiva para Correção de Factor de Potência em Zonas Industriais Por Meio de Banco de Capacitores e Elaboração de Plano de Reposição de Banco Capacitor da SE1.2 de 250kVAr/440V/50Hz da Empresa CFM - Sul

Autor:

SERILO, Felner Adelino

Supervisor:

Eng^o. Dinis A. Chissano

Relatório apresentado ao Departamento de Engenharia Electrotécnica, Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Grau de Licenciado em Engenharia Eléctrica.

Maputo, Setembro de 2021



FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA
Curso de Engenharia Eléctrica

TERMO DE ATRIBUIÇÃO DE TEMA DE TRABALHO DE LICENCIATURA

REFERÊNCIA DO TEMA: 2021ELTLD04

Data: 29/06/2021

1. TÍTULO DO TEMA

Estudo de Técnicas de Compensação de Energia Reactiva Para Correção de Factor de Potência em Zonas Industriais Por Meio de Banco de Capacitores e Elaboração de Plano de Reposição de Banco de Capacitor da SE1.2 de 250kVAr/440V/50Hz da Empresa CFM - Sul.

2. DESCRIÇÃO SUMÁRIA DO TRABALHO A DESENVOLVER

Introdução

As redes eléctricas são projectadas para fornecer energia a uma tensão de amplitude largamente constante. Para a rede manter estável a tensão nos barramentos, deve haver um equilíbrio de energia reactiva durante o seu funcionamento. Em uma rede industrial, devido ao seu projecto particular para a aquisição de energia eléctrica, seja por parte de centrais próprias, concessionárias ou outro meio de fornecimento, manter a tensão estável não é um problema frequente, justamente porque a potência de aquisição é solicitada em função da potência de carga prevista e o seu crescimento, mas, devido às características de cargas nestas instalações (as máquinas eléctricas como motores e transformadores), que para um funcionamento correcto necessitam de energia activa e reactiva agindo de forma combinada.

A energia activa executa a tarefa, fazendo com que motores realizem o movimento mecânico, mas, as duas energias devem existir em conjunto. Porém, a energia reactiva deve ser de menor nível possível, pois, para uma utilização de altos níveis de reactivos são necessários condutores de maior área de secção transversal e transformadores de maior capacidade. Além disso, o excesso de reactivos, na rede secundária pode provocar perdas por aquecimento e quedas de tensão na linha.

O excesso de potência reactiva fornecida, dá origem ao problema de baixo factor de potência. Este valor, quando não corrigido, implica na geração excessiva e transporte excessivo de energia reactiva, o que não é desejável e gera prejuízos financeiros de magnitudes diversas que são cobrados ao consumidor.

O presente trabalho que se intitula "**Estudo de Técnicas de Compensação de Energia Reactiva Para Correção de Factor de Potência em Zonas Industriais Por Meio de Banco de Capacitores e Elaboração de Plano de Reposição de Banco de Capacitor da SE1.2 de 250kVAr/440V/50Hz da Empresa CFM - Sul**" busca apresentar técnicas de controlo e regulação de factor de potência para área industrial aplicando Banco de capacitores. O factor de potência é um índice em que a partir dele é medida a eficiência na utilização da energia eléctrica, o mesmo é monitorado pelas concessionárias de energia eléctrica, onde aquando o monitoramento se verifique um baixo factor de potência nas instalações, estes consumidores passam a estar sujeitos a multas incidentes mensalmente nas facturas de energia. O factor de potência de referência no território nacional, indutivo ou capacitivo, tem como limite mínimo permitido, para as unidades consumidoras, o valor de 0,80, de acordo com a EDM-EP.

Formulação do problema

A principal característica da zona industrial é a existência de equipamentos que causam o baixo factor de potência no âmbito de sua operação, como motores eléctricos, aparelhos de ar condicionados, máquinas de solda e transformadores. Este fenómeno acontece devido à necessidade destes equipamentos em consumir, para além da energia activa, a energia reactiva indutiva, que apesar de necessária, a utilização de energia reactiva indutiva deve ser limitada ao mínimo possível, por não realizar trabalho efectivo, servindo apenas para magnetizar as bobinas dos equipamentos. Quanto menor a potência reactiva, maior é o factor de potência. Para uma mesma potência instalada, uma alta energia reactiva limita o transporte e utilização da potência activa. O baixo factor de potência ocasiona:

- Perdas na instalação em forma de calor e queda de tensão.
- Necessidade de sobredimensionamento de condutores para transportar a mesma potência activa.
- Necessidade de sobredimensionamento de transformadores de maior capacidade para suprir a mesma potência activa.

- Necessidade de sobredimensionamento de dispositivos de manobra e protecção.

A instalação de unidade ou unidades de bancos de capacitores na zona industrial, para além de corrigir os problemas originados pelo baixo factor de potência, reduz os custos de consumo de energia eléctrica.

Justificativa

Com o objectivo de reduzir os custos de consumo de energia eléctrica nas indústrias e tornar o sistema eléctrico industrial mais eficiente, e com capacidade de desenvolvimento de processos sem interrupção, desenvolve-se este trabalho para fornecer informações da importância da aplicação de banco de capacitores para correcção de factor de potência e suas vantagens no âmbito de consumo de energia e na produção industrial sem falhas devido a equipamentos eléctricos. Ainda para fornecer informações de equipamentos necessários para o correcto funcionamento do banco, nas diferentes técnicas de compensação e melhor enquadramento dessas técnicas. Este trabalho também apresenta modelo de cálculo de banco, um caso de estudo prático será desenvolvido, e este consistirá na elaboração de um programa para a reposição de Banco de capacitor para correcção de factor de potência da subestação eléctrica 1.2 de 250kVAr/440V/50Hz da empresa Portos e Caminhos de Ferro de Moçambique – Sul, em resposta ao banco actual que se encontra inoperante, e também para servir de direcção para inserção em outros pontos julgados importantes pelas entidades responsáveis. Este trabalho torna-se ainda importante por apresentar principais aspectos para a manutenção adequada de um Banco para garantir um funcionamento longo e de qualidade.

Objectivo geral

O objectivo geral deste trabalho é de efectuar o estudo das técnicas de compensação de energia reactiva por meio de banco de capacitores com o propósito de realizar a correcção de factor de potência.

Objectivos específicos

- Identificar as diferentes técnicas de correcção de factor de potência em zonas industriais por meio de banco de capacitores e caracteriza-los;
- Elaborar um programa de manutenção preventiva e correctiva de banco de capacitores para correcção de factor de potência numa zona industrial.
- Dimensionar um banco de capacitor para controlo e correcção de factor de potência industrial e justificar cada procedimento;

- Realizar um plano para a reposição do banco de capacitor da subestação eléctrica 1.2 da empresa CFM – Sul.

Metodologia

A elaboração do trabalho será desenvolvida aplicando três metodologias:

- **Revisão bibliográfica:** consistirá na pesquisa e leituras de livros, catálogos e *datasheet's*, electrónicos e físicos, sendo técnicos ou científicos de modo a adquirir conhecimentos suficientes para a realização do trabalho;
- **Pesquisa de campo:** com base em visitas à Instalações da CFM com o propósito de obter informações de parâmetros como os elementos constituintes, geração de electricidade, características de cargas local e equipamentos da Rede Local;
- **Modelação computacional:** por meio do software *AutoCad* na versão 2018, serão modelados esquemas de Banco de Capacitor industriais e outros componentes que forem julgados necessários.

3.LOCAL DE REALIZAÇÃO

Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane - Maputo

4. SUPERVISORES

	Nome	Assinatura
Da UEM	Engº. Dinis A. Chissano	<i>Dinis A. Chissano</i>
Co-supervisor		
Da Instituição		

Maputo, 23 de Agosto de 2021

O estudante

Serilo Felner Adelino
(Serilo, Felner Adelino)

O Director do Curso:

Zefanias José Mabote
(Engº. Zefanias José Mabote)
20.09.21

O Chefe da Comissão Científica

José Nelson Guambe
(Engº. José Nelson Guambe)

21/09/2021

Contactos:

Cel: (+258) 846098401

Email: felnerfaife@gmail.com

Plano de Actividades
Trabalho de Licenciatura

Tema: Estudo de Técnicas de Compensação de Energia Reactiva Para Correção de Factor de Potência em Zonas Industriais Por Meio de Banco de Capacitores e Elaboração de Plano de Reposição de Banco de Capacitor da SE1.2 de 250kVAr/440V/50Hz da Empresa CFM - Sul.

Referencia: 2021ELTLD04 P . Data: 29/06/2021 P

Semana	Data	Data de encontro	Hora	Assunto
1	10.05.21 à 16.05.21	13.05.21	13h00	Aprovação do tema e objectivos pelo Supervisor e coordenação de modo de trabalhar durante a realização do trabalho.
2	17.05.21 à 23.05.21	20.05.21	13h00	Verificação e aprovação do Termo de Atribuição de Tema de Trabalho de Licenciatura.
3 e 4	24.05.21 à 06.06.21	03.06.21	13h00	Desenvolvimento, avaliação e correcção do desenvolvimento dos capítulos 1 (Apresentação do Estudo) e 2 (Fundamentos Teóricos).
5, 6, 7 e 8	07.06.21 à 27.06.21	01.07.21	13h00	Desenvolvimento, avaliação e correcção do desenvolvimento dos capítulos 3 (Cálculo de BC para Correção de FP), 4 (Reposição de BC da SE1.2 CFM – Sul).

9	28.06.21 à 11.07.21	08.07.21	13h00	Elaboração, avaliação e correcção dos esquemas e componentes de BC para a SE3.5 CFM – Sul
10	12.07.21 à 18.07.21	15.07.21	13h00	Desenvolvimento, avaliação e correcção do desenvolvimento do capítulo 5 (Conclusões e Recomendações finais), Referências Bibliográficas e Anexos.
11 e 12	19.07.21 à 01.08.21	29.07.21	13h00	Aprovação final do trabalho pelo Supervisor e submissão a Comissão Científica.
Supervisor: Engº. Dinis A. Chissano			Assinatura:	<i>Dinis A. Chissano</i>
Estudante: Serilo, Felner Adelino			Assinatura:	<i>SERILLO, Felner Adelino</i>

Observações:

Data: .

13 / 09 / 21

Nome do Estudante:

SERILLO, Felner Adelino
(Serilo, Felner Adelino)



**FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA
F1 - GUIA DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ESCRITO**

Nome do estudante: SERILO, Felner Adelino

Referência do tema: 2021ELTLD04.

Data: / / 2021

Título do tema: Estudo de Técnicas de Compensação de Energia Reactiva Para Correção de Factor de Potência em Zonas Industriais Por Meio de Banco de Capacitores e Elaboração de Plano de Reposição de Banco de Capacitor da SE1.2 de 250kVAr/440V/50Hz da Empresa CFM – Sul.

1. Resumo										
1.1. Apresentação dos pontos chaves no resumo (clareza, organização, correlação com o apresentado)	1	2	3	4	5					
Secção 1 subtotal (max: 5)										

2. Organização (estrutura) e explanação										
2.1. Objectivos	1	2	3	4	5					
2.2. Introdução, antecedentes e pesquisa bibliográfica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.3. Metodologias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.4. Resultados, sua análise e discussão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.5. Conclusões e aplicação dos resultados (recomendações)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Secção 2 subtotal (max: 45)										

3. Argumentação										
3.1. Criatividade e originalidade	1	2	3	4	5					
3.2. Rigor	1	2	3	4	5					
3.3. Análise crítica, evidência e lógica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3.4. Relação objectivos/ métodos/ resultados/conclusões	1	2	3	4	5					
3.5. Relevância	1	2	3	4	5					
Secção 3 subtotal (max: 30)										

4. Apresentação e estilo da escrita										
4.1. Legibilidade e organização	1	2	3	4	5					
4.2. Ilustração e qualidade das figuras e tabelas	1	2	3	4	5					
4.3. Estilo da escrita (fluência do texto, uso da língua e gramática)	1	2	3	4	5					
4.4. Fontes bibliográficas (citação correcta, referências, etc)	1	2	3	4	5					
Secção 4 subtotal (max: 20)										

Total de pontos (max: 100)	<u>70</u>	Nota (=Total*0,2)	<u>14,0</u>
----------------------------	-----------	-------------------	-------------

Nota: Quando exista a componente gráfica (desenhos técnicos), a nota acima é multiplicada por 0,8 cabendo os restantes 20% do peso à referida parte gráfica.

O supervisor Dim Aibw Ciuma (MUC@UNEDM)

Maputo, 27 de Febrero de 2021



**FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA
F1 - GUIA DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ESCRITO**

Nome do estudante: SERILO, Felner Adelino

Referência do tema: 2021ELTLD04.

Data: / / 2021

Título do tema: **Estudo de Técnicas de Compensação de Energia Reactiva Para Correção de Factor de Potência em Zonas Industriais Por Meio de Banco de Capacitores e Elaboração de Plano de Reposição de Banco de Capacitor da SE1.2 de 250kVAr/440V/50Hz da Empresa CFM – Sul.**

1. Resumo										
1.1. Apresentação dos pontos chaves no resumo (clareza, organização, correlação com o apresentado)	1	2	3	4	5					
Secção 1 subtotal (max: 5)										

2. Organização (estrutura) e explanação										
2.1. Objectivos	1	2	3	4	5					
2.2. Introdução, antecedentes e pesquisa bibliográfica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.3. Metodologias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.4. Resultados, sua análise e discussão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.5. Conclusões e aplicação dos resultados (recomendações)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Secção 2 subtotal (max: 45)										

3. Argumentação										
3.1. Criatividade e originalidade	1	2	3	4	5					
3.2. Rigor	1	2	3	4	5					
3.3. Análise crítica, evidência e lógica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3.4. Relação objectivos/ métodos/ resultados/conclusões	1	2	3	4	5					
3.5. Relevância	1	2	3	4	5					
Secção 3 subtotal (max: 30)										

4. Apresentação e estilo da escrita										
4.1. Legibilidade e organização	1	2	3	4	5					
4.2. Ilustração e qualidade das figuras e tabelas	1	2	3	4	5					
4.3. Estilo da escrita (fluência do texto, uso da língua e gramática)	1	2	3	4	5					
4.4. Fontes bibliográficas (citação correcta, referências, etc)	1	2	3	4	5					
Secção 4 subtotal (max: 20)										

Total de pontos (max: 100)	<u>70</u>	Nota (=Total*0,2)	<u>14,0</u>
----------------------------	-----------	-------------------	-------------

Nota: Quando exista a componente gráfica (desenhos técnicos), a nota acima é multiplicada por 0,8 cabendo os restantes 20% do peso à referida parte gráfica.

O supervisor Dim Aibw Ciuma (MUC@UNEDM)

Maputo, 27 de Febrero de 2021



FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

FICHA DE AVALIAÇÃO DA ATITUDE DO ESTUDANTE

Nome do estudante: Serilo, Felner Adelino

Referência do tema: 2021ELTLD04

Data: / / 2021

Título do tema: Estudo de Técnicas de compensação de Energia Reactiva para Correção de Factor de Potência em Zonas Industriais Por Meio de Banco de Capacitores e Elaboração de Plano de Reposição de Banco Capacitor da SE1.2 de 250kVAr/440V/50Hz da Empresa CFM - Sul

Indicador	Classificação				
	1	2	3	4	5
Atitude geral (manteve uma disposição positiva e sentido de humor)	1	2	3	4	5
Dedicação e comprometimento (Deu grande prioridade ao projecto e aceitou as responsabilidades prontamente)	1	2	3	4	5
Independência (realizou as tarefas independentemente, como prometido e a tempo)	1	2	3	4	5
Iniciativa (viu o que devia ter sido feito e fê-lo sem hesitar e sem pressões do supervisor)	1	2	3	4	5
Flexibilidade (disponibilidade para se adaptar e estabelecer compromissos)	1	2	3	4	5
Sensibilidade (ouviu e tentou compreender as opiniões dos outros)	1	2	3	4	5
Criatividade (Contribuiu com imaginação e novas ideias)	1	2	3	4	5
Total de pontos (max.: 35)	31				

MUCO ~~DATA~~

Valor do classificador	Cotação obtida	Significado
	1	Não aceitável (0 a 9 valores)
	2	Suficiente (10 a 13 valores)
	3	Bom (14 a 16 valores)
	4	Muito Bom (17 a 18 valores)
	5	Excelente (19 a 20 valores)

Total de pontos (max.: 35)	31
----------------------------	----

Nota (=Total *20/35)	17,7
----------------------	------

UUE ~~DATA~~



FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

FICHA DE AVALIAÇÃO DA ATITUDE DO ESTUDANTE

Nome do estudante: Serilo, Felner Adelino

Referência do tema: 2021ELTLD04

Data: / / 2021

Título do tema: Estudo de Técnicas de compensação de Energia Reactiva para Correção de Factor de Potência em Zonas Industriais Por Meio de Banco de Capacitores e Elaboração de Plano de Reposição de Banco Capacitor da SE1.2 de 250kVAr/440V/50Hz da Empresa CFM - Sul

Indicador	Classificação				
	1	2	3	4	5
Atitude geral (manteve uma disposição positiva e sentido de humor)	1	2	3	4	5
Dedicação e comprometimento (Deu grande prioridade ao projecto e aceitou as responsabilidades prontamente)	1	2	3	4	5
Independência (realizou as tarefas independentemente, como prometido e a tempo)	1	2	3	4	5
Iniciativa (viu o que devia ter sido feito e fê-lo sem hesitar e sem pressões do supervisor)	1	2	3	4	5
Flexibilidade (disponibilidade para se adaptar e estabelecer compromissos)	1	2	3	4	5
Sensibilidade (ouviu e tentou compreender as opiniões dos outros)	1	2	3	4	5
Criatividade (Contribuiu com imaginação e novas ideias)	1	2	3	4	5
Total de pontos (max.: 35)	31				

MUCO ~~DATA~~

Valor do classificador	Cotação obtida	Significado
	1	Não aceitável (0 a 9 valores)
	2	Suficiente (10 a 13 valores)
	3	Bom (14 a 16 valores)
	4	Muito Bom (17 a 18 valores)
	5	Excelente (19 a 20 valores)

Total de pontos (max.: 35)	31
----------------------------	----

Nota (=Total *20/35)	17,7
----------------------	------

UUE ~~DATA~~

UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

Faculdade de Engenharia

Departamento de Engenharia Electrotécnica

Curso de Engenharia Eléctrica

Assunto: Parecer do Supervisor sobre o Trabalho de Licenciatura do Estudante Finalista **Serilo, Felner Adelino**

Título do Trabalho: Estudo de Técnicas de Compensação de Energia Reactiva para Correção de Factor de Potência em Zonas Industriais por meio de Banco de Capacitores e Elaboração de Plano de Reposição do Banco de Capacitores de SE1.2 de $250kVar/400V/50Hz$ da Empresa CFM – SUL.

A monografia produzida pelo Estudante acima referido tem 51 (cinquenta e uma) páginas, 12 (doze) anexos sendo 4 (quatro) dos anexos correspondentes a peças desenhadas. Há ainda que ter em conta as páginas de Dedicatória, Agradecimento, Epígrafe, Resumo em Inglês e português.

O cinquenta e um páginas estão subdivididas em cinco Capítulos nomeadamente: Capítulo 1: Apresentação do Estudo; Capítulo 2: Fundamentos Teóricos; Capítulo 3: Cálculo de BC para Correção de FP; Capítulo 4: Reposição de Banco de Capacitores da SE1.2 CFM-Sul;

Capítulo 5: Conclusões e Recomendações Finais (aqui neste Capítulo também se inclui as Referências Bibliográficas)

Após o acompanhamento (supervisão) à realização deste Trabalho de Licenciatura, o supervisor constatou o seguinte:

1. O estudante apresentou uma dedicação razoável na realização do mesmo (TL).
2. foi feliz em relação à profundidade e clareza no desenvolvimento do Tema, bem como à prova de leitura crítica da Bibliografia consultada e cumprimento dos requisitos exigidos na elaboração de um Trabalho de Licenciatura na nossa instituição (FEUEM).
3. No Título do Tema onde está escrito “....Zonas Industriais...”, devia ser “...Empresas Industriais...”

Dito isto, o supervisor é de opinião que o Trabalho desenvolvido pelo Candidato tem nível para ser aceite como Obra de atribuição do Grau de Licenciatura em Engenharia Eléctrica.

Maputo, 28 de fevereiro de 2022



Mestre Dinis Albino Chissano, eng.



FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA
CURSO DE ENGENHARIA ELÉCTRICA (LABORAL)

TERMO DE ENTREGA DO RELATÓRIO DO TRABALHO DE LICENCIATURA

Declaro que o estudante SERILO, Felner Adelino entregou no dia 17/09/2021 as 2 cópias do relatório do seu Trabalho de Licenciatura com referência: 2021ELTLD04.

Intitulado: Estudo de Técnicas de Compensação de Energia Reactiva Para Correção de Factor de Potência em Zonas Industriais Por Meio de Banco de Capacitores e Elaboração de Plano de Reposição de Banco de Capacitor da SE1.2 de 250kVAr/440V/50Hz da Empresa CFM - Sul.

Maputo, 17 de Setembro de 2021

A chefe da Secretaria

(dra. Arlete Cuco Chiconela)



FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

Curso de Engenharia Eléctrica

Disciplina: Trabalho de Licenciatura (TL)

Estudante: SERILO, Felner Adelino
Título do Trabalho de Licenciatura: Estudo de técnicas de compensação de energia reactiva para correcção de factor de potência em zonas industriais por meio de banco de capacitores e elaboração de plano de reposição de banco de capacitor da SE1.2 de 250kVAr/440V/50Hz da empresa CFM - Sul
Docente oponente: eng. Hélder Francisco Nhambe
Data: Maputo, Novembro de 2021

PARECER DO DOCENTE SOBRE A MONOGRAFIA

Após a leitura da monografia do candidato à licenciatura em engenharia Eléctrica, tenho a informar o seguinte:

- 1) Qualidade do tratamento da bibliografia e da análise feita pelo estudante (emprego adequado de idéias, conceitos e argumentos pertinentes à problemática em foco; diversidade de fontes bibliográficas; confrontamento da bibliografia e citação apropriada dos respectivos autores):

O estudante neste ponto apresenta pouca lista de obras literárias e ideias e conceitos não dispersos. A não dispersão de ideias dá o mérito ao trabalho porque o estudante aborda questões que possam levar à solução do caso de estudo referido. Apesar disso, o estudante precisa coordenar o tema com a problemática, justificativa e objectivos. O problema não justifica na plenitude o tema em estudo, justificativa e objectivo, porque não foram apuradas as causas aparentes da escolha da segunda parte do tema, “elaboração de plano de reposição de banco de capacitor da SE1.2 de 250kVAr/440V/50Hz da empresa CFM – Sul” e fortificar o confrontamento bibliográfico e citação.

- 2) Qualidade da apresentação gráfica (respeito as regras formais de um trabalho acadêmico, organização do trabalho, uso apropriado da linguagem, correção gramatical e outros requisitos referentes ao bom uso da língua portuguesa):

A legenda das figuras e gráficos respeita o regulamento, mas cometeu algumas falhas, na folha do rosto, lista de símbolos, paginação, na identificação, com clareza, dos apêndice com relação a anexo, organização em geral, o estudante apresenta uma estrutura que não condiz com o regulamento de culminação do curso usado na faculdade de engenharia da UEM, concretamente o anexo 4, "normas para apresentação do relatório de TL/EP". O estudante usou a linguagem apropriada usada para elaboração de um trabalho científico, ao longo do texto, mas com problemas gramaticais (formação frásica e ortografia), exemplo da página 22 último parágrafo.

- 3) Qualidade técnica do trabalho (desenvolvimento do trabalho, aplicação da metodologia, soluções, etc.)

Neste ponto temos o resumo que não dá síntese do trabalho só descreve os capítulos existentes no trabalho. O estudante consegue ir ao encontro do resumo teórico sintetizado, mas acaba confundindo com o projecto de pesquisa, pós ha falta de citações. Olhando para o desenvolvimento do trabalho constata-se que conseguiu, satisfatoriamente, a segunda parte do tema e não a primeira, apesar de ter feito o projecto sem apresentar as razões aparentes (problemática e justificativa) da sua escolha, só disse que o banco de capacitores encontra-se inoperante e decide substituir sem fazer o estudo exaustivo, parece que o autor concluiu que devia fazer o plano de reposição antes de pesquisar as causas da sua inoperância. No capítulo 3.2.1, fez a escolha de banco de capacitores automático e não semiautomático sem justificar. Olhando para conclusão intende-se que o trabalho não faz uma análise dos resultados obtidos, isto é, não espelha os objetivos traçados.

- 4) Pontos fortes do trabalho:

Relevância do tema;
A concentração de idéias e
A síntese no resumo teórico

- 5) Pontos que devem ser melhor trabalhados:

Os pontos que devem ser melhorados estão na sua maior parte na coordenação entre o tema, problemática, justificativa e objectivos, no desenvolvimento, sobretudo, da primeira parte do tema e na conclusão do TL; Desejo saber como propõe um plano de reposição de bancos de capacitores da SE 1.2 de 250kVAr/440V/50Hz da empresa CFM - Sul antes de fazer o estudo exaustivos da sua inoperância.

Considero que pode ser dado a possibilidade defesa da sua monografia, com a condição de trabalhar, na coordenação do tema problemática e justificativa, na organização do trabalho de forma a corresponder as regras do anexo 4 do regulamento de culminação e espelhar a

sua conclusão nos objetivos traçados, para a obtenção de classificação suficiente e que pode ser melhorada caso o candidato trabalhe bastante nos pontos 1, 2 e 3 na sua plenitude de forma independente e individual

Assinatura do Docente: Hélder Fran. Nhambe

(Hélder Francisco Nhambe)



FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA
F1 - GUIA DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ESCRITO

Nome do estudante: SERILO, Felner Adelino

Referência do tema: 2021ELTLD04.

Data: 15/11/2021

Título do tema: Estudo de Técnicas de Compensação de Energia Reactiva Para Correção de Factor de Potência em Zonas Industriais Por Meio de Banco de Capacitores e Elaboração de Plano de Reposição de Banco de Capacitor da SE1.2 de 250kVA/440V/50Hz da Empresa CFM – Sul.

1. Resumo										
1.1. Apresentação dos pontos chaves no resumo (clareza, organização, correlação com o apresentado)	1	2	3	4	5					
Secção 1 subtotal (max: 5)	2									

2. Organização (estrutura) e explanação										
2.1. Objectivos	1	2	3	4	5					
2.2. Introdução, antecedentes e pesquisa bibliográfica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.3. Metodologias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.4. Resultados, sua análise e discussão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.5. Conclusões e aplicação dos resultados (recomendações)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Secção 2 subtotal (max: 45)	19									

3. Argumentação										
3.1. Criatividade e originalidade	1	2	3	4	5					
3.2. Rigor	1	2	3	4	5					
3.3. Análise crítica, evidência e lógica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3.4. Relação objectivos/ métodos/ resultados/conclusões	1	2	3	4	5					
3.5. Relevância	1	2	3	4	5					
Secção 3 subtotal (max: 30)	17									

4. Apresentação e estilo da escrita										
4.1. Legibilidade e organização	1	2	3	4	5					
4.2. Ilustração e qualidade das figuras e tabelas	1	2	3	4	5					
4.3. Estilo da escrita (fluência do texto, uso da língua e gramática)	1	2	3	4	5					
4.4. Fontes bibliográficas (citação correcta, referências, etc)	1	2	3	4	5					
Secção 4 subtotal (max: 20)	13									

Total de pontos (max: 100) 51

Nota (=Total*0,2) 10,2

Nota: Quando exista a componente gráfica (desenhos técnicos), a nota acima é multiplicada por 0,8 cabendo os restantes 20% do peso à referida parte gráfica.

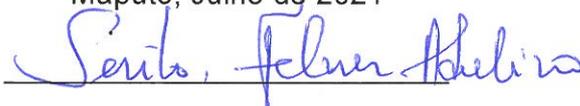
O supervisor
Felner Fran. Nhambe

Maputo, 15 de Novembro de 2021

DECLARAÇÃO DE HONRA

Serilo, Felner Adelino, estudante do 5º nível do curso de Engenharia Eléctrica na Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane, declara, que este trabalho é da sua autoria, sendo fruto dos conhecimentos adquiridos ao longo da sua formação, investigação pessoal e da orientação do supervisor. O conteúdo deste trabalho é original e todos os documentos consultados estão devidamente identificados nas referências bibliográficas.

Maputo, Julho de 2021



(Serilo, Felner Adelino)

RESUMO

Os níveis de VAR's absorvidos ou introduzidos numa rede industrial está em constante alteração devido às principais cargas como máquinas de solda, reactores de lâmpadas, motores eléctricos, que são conectadas e desconectadas quase que a todo momento, para o desenvolvimento de diversas aplicações industriais. Este processo irregular e incapaz de ser controlado das conexões e de desconexões das cargas tem afectado significativamente o sistema eléctrico industrial, mais precisamente no factor de potência local, o que quando abaixo de um dado limite, capacitivo ou indutivo, para o caso do País 0,8, tem surtido em multas que tendem a ser mais agravantes quanto maior for a redução deste factor.

O trabalho trata da correcção de factor de potência em zonas industriais, concretamente das técnicas empregues para este fim. Este é composto por cinco capítulos, sendo que o primeiro desenvolve uma breve introdução daquilo que é o trabalho, de seguida tem-se o segundo capítulo que apresenta conteúdos teóricos acerca da compensação de energia eléctrica em zonas industriais. O terceiro capítulo desenvolve um modelo de cálculo de banco de capacitores para correcção de factor de potência em zonas industriais e avalia em média o custo para este tipo de projecto, o quarto avalia a situação de reposição ao funcionamento do banco de capacitores da empresa CFM-Sul que actualmente se encontra avariado, e último capítulo apresenta as conclusões finais do trabalho assim como as recomendações deste.

Palavra Chave: Banco de Capacitor (**BC**); Factor de Potência (**FP**).

ABSTRACT

The levels of VAR's absorbed or introduced into an industrial network is constantly changing due to the main loads such as welding machines, lamp reactors, electric motors, which are connected and disconnected almost at all times, for the development of various industrial applications. This irregular and unable to be controlled process of the connections and disconnections of the loads has significantly affected the industrial electrical system, more precisely in the local power factor, which when below a given limit, capacitive or inductive, for the case of Country 0.8, has resulted in fines that tend to be more aggravating the greater the reduction of this factor.

The work deals with the correction of power factor in industrial areas, specifically the techniques used for this purpose. This is composed of five chapters, the first of which develops a brief introduction of what the work is, then there is the second chapter that presents theoretical contents about the compensation of electricity in industrial areas. The third chapter develops a capacitor bank calculation model for power factor correction in industrial areas and evaluates on average the cost for this type of project, the fourth evaluates the situation of replacement of the capacitor bank of the company CFM- South which is currently damaged, and the last chapter presents the final conclusions of the work as well as its recommendations.

ÍNDICE

DEDICATÓRIA	i
AGRADECIMENTOS	ii
EPÍGRAFE	iii
RESUMO	iv
ABSTRACT	v
LISTA DE ABREVIATURAS	x
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABELAS	xi
CAPÍTULO 1: APRESENTAÇÃO DO ESTUDO	1
1.1. Introdução	1
1.2. Formulação do problema.....	2
1.3. Justificativa	2
1.4. Objectivos.....	3
1.4.1. Objectivo geral	3
1.4.2. Objectivos específicos	3
1.5. Metodologia.....	3
CAPÍTULO 2: FUNDAMENTOS TEÓRICOS	5
2.1. Energia no sistema eléctrico	5
2.1.1. Energia aparente	5
2.1.2. Energia activa	5
2.1.3. Energia reactiva	5
2.2. Correção do factor de potência	6
2.2.1. Factor de potência	6
2.2.2. Consequências de baixo factor de potência	7
2.2.2.1. Perdas na Instalação.....	7

2.2.2.2.	Quedas de Tensão.....	7
2.2.2.3.	Subutilização da Capacidade Instalada	8
2.2.3.	Controlo de factor de potência	9
2.2.4.	Causadores de baixo factor de potência.....	9
2.2.5.	Corrigir factor de potência.....	10
2.3.	Métodos de correcção do FP	10
2.4.	Tipos de Correcção de FP em zonas industriais	11
2.4.1.	Correcção individual	11
2.4.2.	Correcção para grupo de carga	12
2.4.3.	Correcção centralizada	12
2.4.4.	Correcção mista.....	13
2.5.	Métodos de controlo	14
2.5.1.	Banco fixo	14
2.5.2.	Banco semiautomático.....	14
2.5.3.	Banco automático	14
2.5.4.	Compensação estática	14
2.6.	Elementos de bancos de capacitores para correcção de FP	15
2.6.1.	Capacitores.....	15
2.6.2.	Reactores de alisamento (anti-surtos)	15
2.6.3.	Controlador de factor de potência.....	15
2.6.4.	Módulo de descarga rápida de capacitores	16
2.6.5.	Resistores de descarga de capacitores	16
2.6.6.	Contactores para manobra de capacitores	16
2.6.7.	Punho saca fusível NH (Caixa seccionadora).....	16
2.6.8.	Dispositivos de protecção contra curto-circuitos	16
2.6.9.	Sistema de exaustão e ventilação	16
CAPÍTULO 3: CÁLCULO DE BC PARA CORRECÇÃO DE FP		18
3.1.	Levantamento de Dados	18

3.1.1.	Ciclo operacional das cargas.....	19
3.2.	Dimensionamento dos elementos do banco.....	19
3.2.1.	Definição do tipo de BC a ser instalado.....	19
3.2.2.	Cálculo da potência reactiva para a compensação.....	20
3.2.2.1.	Método compensado SIEMENS.....	20
3.2.2.2.	Método analítico pelo triângulo de potência.....	21
3.2.3.	Escolha de potência reactiva do BC.....	21
3.2.4.	Definição da necessidade de anti-harmónicas.....	22
3.2.5.	Cálculo de filtro passivo de harmónicas.....	22
3.2.5.1.	3ª Harmónica (150Hz).....	23
3.2.5.2.	5ª Harmónica (250Hz).....	23
3.2.5.3.	7ª Harmónica (350Hz).....	24
3.2.6.	Protecção do banco.....	24
3.2.6.1.	Cálculo de corrente de linha por estágio.....	24
3.2.6.2.	Corrente envolvendo a tolerância de 9%.....	25
3.2.6.3.	Corrente máxima de energização de capacitores.....	25
3.2.6.4.	Corrente nominal de fusível.....	25
3.2.7.	Dimensionamento de contactor.....	25
3.2.8.	Definição dos condutores.....	25
3.1.8.1.	Ligação do BC à rede.....	25
3.1.8.2.	Ligação do circuito de automação e controlo.....	26
3.2.9.	Controlador de factor de potência.....	26
3.3.	Manutenção de banco de capacitores para correcção de FP.....	26
3.3.1.	Manutenção preventiva.....	26
3.3.2.	Manutenção Correctiva do Banco.....	27
3.4.	Medições e estimativa de custo.....	27
3.4.1.	Medições.....	27
3.4.2.	Estimativa de custo.....	29

CAPÍTULO 4: REPOSIÇÃO DE BANCO DE CAPACITORES DA SE1.2 CFM – SUL	30
4.1. Composição do sistema	30
4.1.1. Capacitores e bobinas anti-surtos.....	30
4.1.2. Controlador de factor de potência.....	31
4.1.3. Contactores para Manobra de Capacitores	32
4.1.4. Condutores de ligação do banco	34
4.1.5. Manutenção do banco	34
4.1.6. Fusíveis	35
4.2. Medições e estimativa de custo para reposição do BC da SE1.2	35
4.2.1. Medições	35
4.2.2. Estimativa de custo.....	36
CAPÍTULO 5: CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES FINAIS	36
5.1. Conclusões.....	36
5.2. Recomendações.....	37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
ANEXOS	39

LISTA DE ABREVIATURAS

Abreviatura	Descrição
BC	Banco de capacitores
BCA	Banco de capacitores automático
CFM	Portos e Caminhos de Ferro de Moçambique
CTM	Central Termoeléctrica de Maputo
EDM	Electricidade de Moçambique
FP	Factor de potência
MDRC	Mudulo de descarga rápida de capacitores
SE	Subestação Eléctrica
THD	Distúrbio de harmónicas totais
TRAFO	Transformador de potência
VAR	Reactivos

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fluxo de energia alimentando uma carga industrial	5
Figura 2: Acção de potência activa.....	5
Figura 3: Acção da energia reactiva	6
Figura 6: Fluxo de potência com banco de capacitores na distribuição	10
Figura 7: Correção de factor de potência individual.....	12
Figura 8: Correção de factor de potência para grupo de carga	12
Figura 9: Correção de factor de potência centralizada	13
Figura 10: Correção mista	13
Figura 11: Sistema eléctrico do CFM – Sul	18
Figura 12: Ciclo operacional de cargas da instalação (Caso de estudo).....	19
Figura 13: Banco de capacitor da SE1.2 – CFM-Sul	30
Figura 14: Modulo compacto de capacitores e bobinas anti-surto.....	31
Figura 15: Controlador Siemens BR6000.....	32
Figura 16: Esquema de ligação do BR6000	32
Figura 17: Contactor 3TF48 instalado no banco.....	33
Figura 18: Contactor 3RT16/50KVAR/400V/230V/50Hz recomendado para o banco...	33

Figura 19: Fusível NH, base de fusível NH e punho saca fusível da SE1.235

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Variação da potência do Trafo em função do factor de potência.....	8
Tabela 2: Variação da seção de um condutor em função do factor de potência	9
Tabela 3: Principais dados de entrada para cálculo de BC	19
Tabela 4: Ciclo operacional de cargas da instalação (Caso de estudo)	19
Tabela 5: Plano de manutenção preventiva mensal e semestral de BC	27
Tabela 6: Medições de materiais necessários para instalação do banco da SE3.5	28
Tabela 7: Estimativa de custo total para instalação do banco da SE3.5	29
Tabela 8: Medições de materiais necessários para reposição do banco da SE1.2.....	35
Tabela 9: Estimativa de custo total para reposição do banco da SE1.2.....	36

CAPÍTULO 1: APRESENTAÇÃO DO ESTUDO

1.1. Introdução

As redes eléctricas são projectadas para fornecer energia a uma tensão de amplitude largamente constante, para a rede manter estáveis a tensão nos barramentos, deve haver um equilíbrio de energia reactiva durante o seu funcionamento. Em uma rede industrial devido ao seu projecto particular para a aquisição de energia eléctrica, seja por parte de centrais próprias, concessionárias ou outro meio de fornecimento, manter a tensão estável não tem um problema frequente, justamente porque a potência de aquisição é solicitada em função da potência de carga prevista e o seu crescimento, mas, devido às características de cargas nestas instalações (as máquinas eléctricas como motores e transformadores), que para um funcionamento correcto necessitam de energia activa e reactiva agindo de forma combinada.

A energia activa executa a tarefa, fazendo com que motores realizem o movimento mecânico, mas, as duas energias devem existir em conjunto, porém, a energia reactiva deve ser de menor nível possível, pois, para uma utilização de altos níveis de reactivos são necessários condutores de maior área de secção transversal e transformadores de maior capacidade, além disso, o excesso de reactivos, na rede secundária pode provocar perdas por aquecimento e quedas de tensão na linha.

O excesso da potência reactiva fornecida, dá origem ao problema de baixo factor de potência, este valor quando não corrigido implica na geração excessiva e transporte excessivo de energia reactiva, o que não é desejável e gera prejuízos financeiros de magnitude diversas que são cobrados ao consumidor.

O presente trabalho que se intitula **“Estudo de Técnicas de Compensação de Energia Reactiva Para Correção de Factor de Potência em Zonas Industriais Por Meio de Banco de Capacitores e Elaboração de Plano de Reposição de Banco de Capacitor da SE1.2 de 250kVAr/440V/50Hz da Empresa CFM - Sul”** busca apresentar técnicas de controlo e regulação de factor de potência para área industrial aplicando Banco de capacitores. O factor de potência é um índice em que a partir dele é medida a eficiência na utilização da energia eléctrica, o mesmo é monitorado pelas concessionárias de energia eléctrica, onde aquando o monitoramento se verifique um baixo factor de potência nas instalações, estes consumidores passam a estar sujeitos a

multas incidentes mensalmente nas facturas de energia. O factor de potência de referência no território nacional, indutivo ou capacitivo, tem como limite mínimo permitido, para as unidades consumidoras, o valor de 0,80, de acordo com a EDM-EP.

1.2. Formulação do problema

A principal característica da zona industrial é a existência de equipamentos que causam o baixo factor de potência no âmbito de sua operação, como motores eléctricos, aparelhos de ar condicionados, máquinas de solda e transformadores. Este fenómeno acontece devido à necessidade destes equipamentos em consumir, para além da energia activa, a energia reactiva indutiva, que apesar de necessária, a utilização de energia reactiva indutiva deve ser limitada ao mínimo possível, por não realizar trabalho efectivo, servindo apenas para magnetizar as bobinas dos equipamentos. Quanto menor a potência reactiva, maior é o factor de potência. Para uma mesma potência instalada, uma alta energia reactiva limita o transporte e utilização da potência activa. O baixo factor de potência ocasiona:

- Perdas na instalação em forma de calor e queda de tensão.
- Necessidade de sobredimensionamento de condutores para transportar a mesma potência activa.
- Necessidade de sobredimensionamento de transformadores de maior capacidade para suprir a mesma potência activa.
- Necessidade de sobredimensionamento de dispositivos de manobra e protecção.

A instalação de unidade ou unidades de bancos de capacitores na zona industrial, para além de corrigir os problemas originados pelo baixo factor de potência, reduz os custos de consumo de energia eléctrica.

1.3. Justificativa

Com o objectivo de reduzir os custos de consumo de energia eléctrica nas indústrias e tornar o sistema eléctrico industrial mais eficiente, e com capacidade de desenvolvimento de processos sem interrupção, desenvolve-se este trabalho para fornecer informações da importância da aplicação de banco de capacitores para correcção de factor de potência e suas vantagens no âmbito de consumo de energia e na produção industrial sem falhas devido a equipamentos eléctricos. Ainda para fornecer informações de equipamentos necessários para o correcto funcionamento do

banco, nas diferentes técnicas de compensação e melhor enquadramento dessas técnicas. Este trabalho também apresenta modelo de cálculo de banco, um caso de estudo prático será desenvolvido, e este consistirá na elaboração de um programa para a reposição de Banco de capacitores para correcção de factor de potência da subestação eléctrica 1.2 de 250kVAr/440V/50Hz da empresa Portos e Caminhos de Ferro de Moçambique – Sul, em resposta ao banco actual que se encontra inoperante, e também para servir de direcção para inserção em outros pontos julgados importantes pelas entidades responsáveis, este trabalho torna-se ainda importante por apresentar principais aspectos para a manutenção adequada de um Banco para garantir um funcionamento longo e de qualidade.

1.4. Objectivos

1.4.1. Objectivo geral

O objectivo geral deste trabalho é de efectuar o estudo das técnicas de compensação de energia reactiva por meio de banco de capacitores com o propósito de realizar a correcção de factor de potência.

1.4.2. Objectivos específicos

- Identificar as diferentes técnicas de correcção de factor de potência em zonas industriais por meio de banco de capacitores e caracteriza-los;
- Elaborar um programa de manutenção preventiva e correctiva de banco de capacitores para correcção de factor de potência numa zona industrial.
- Dimensionar um banco de capacitor para controlo e correcção de factor de potência industrial e justificar cada procedimento;
- Realizar um plano para a reposição do banco de capacitor da subestação eléctrica 1.2 da empresa CFM – Sul.

1.5. Metodologia

- **Revisão bibliográfica:** consistirá na pesquisa e leituras de livros, catálogos e “datasheet’s”, electrónicos e físicos, sendo técnicos ou científicos de modo a adquirir conhecimentos suficientes para a realização do trabalho;
- **Pesquisa de campo:** com base em visitas à Instalações da CFM com o propósito de obter informações de parâmetros como os elementos constituintes, geração de electricidade, características de cargas local e equipamentos da Rede Local;

- **Modelação computacional:** por meio do “*software AutoCad*” na versão 2018, serão modelados esquemas de Banco de Capacitor industriais e outros componentes que forem julgados necessários.

CAPÍTULO 2: FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Energia no sistema eléctrico

2.1.1. Energia aparente

No sistema eléctrico a energia é composta por componente activa e reactiva, sendo que, a soma destes componentes fornece o valor total da energia que circula no sistema eléctrico, e esta energia total recebe o nome de energia aparente.

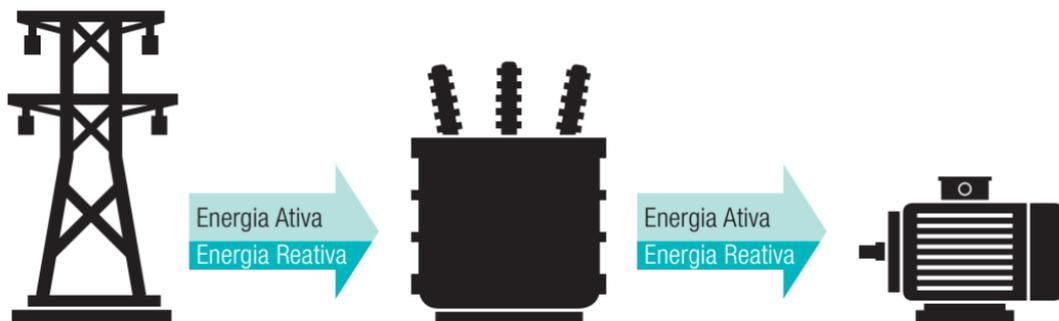


Figura 1: Fluxo de energia alimentando uma carga industrial
(Fonte: ABB, 2015 [1])

2.1.2. Energia activa

Energia activa é toda a energia no sistema eléctrico que quando fornecida à carga, efectivamente produz trabalho, gerando calor, luz, movimento e outros.

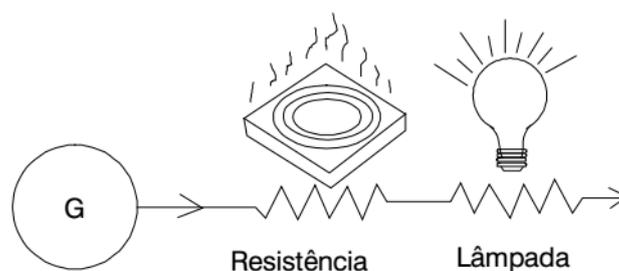


Figura 2: Acção de potência activa
(Fonte: WEG, 2009 [14])

2.1.3. Energia reactiva

A energia reactiva é a energia responsável pela formação de campo magnético em máquinas eléctricas como motores de indução, esta energia é absorvida e devolvida pelos elementos reactivos de carga e descarga, sem produzir trabalho eléctrico.

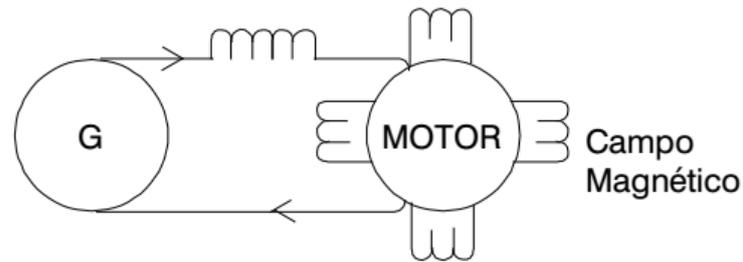


Figura 3: Acção da energia reactiva
(Fonte: WEG, 2009 [14])

2.2. Correção do factor de potência

O fluxo de energia reactiva na rede eléctrica é preferencialmente indesejável por trazer consigo consequências técnico-económicas, como apresentadas a seguir:

- Aumento da potência aparente (kVA) necessária, reduzindo a capacidade de potência activa dos transformadores;
- Sobrecarga dos condutores eléctricos;
- Necessidade de superdimensionar as redes de distribuição e transmissão;
- Aumento das perdas de energia nos condutores eléctricos;
- Perdas na instalação em forma de calor e queda de tensão;
- Aumento de distúrbios de tensão;
- Multas aplicadas pelas concessionárias aos consumidores que utilizam a energia reactiva fora do permitido.

2.2.1. Factor de potência

O factor de potência é a razão entre a potência activa e a potência aparente e indica a eficiência do uso da energia, de forma que, quanto menor o factor de potência, menos eficiente a instalação será e quanto maior o factor de potência mais eficiente a instalação será.

$$FP = \cos \varphi = \frac{P}{S} \quad (2.1)$$

Onde:

$\cos \varphi$ → representa o factor de potência

P → é a energia activa (kW).

S → é a energia aparente (kVA).

O FP sempre tem seu valor entre 0 e 1 e pode ser utilizado como parâmetro de medição, determinado pelos tipos de cargas dentro da rede eléctrica:

- **Cargas resistivas:** em uma rede com cargas resistivas a tensão e corrente estão em fase, com defasagem 0° , logo o factor de potência é unitário;
- **Cargas indutivas:** a carga indutiva provoca um atraso na corrente, e isso ocorre devido aos campos magnéticos criados por enrolamentos existentes em cargas indutivas, então em uma rede puramente indutiva o ângulo é de 90° , logo o factor de potência é igual a 0;
- **Cargas capacitivas:** a carga capacitiva provoca um atraso de tensão devido aos campos eléctricos criados pelos capacitores existentes nessas cargas, então em uma rede puramente capacitiva o ângulo é de -90° , logo o factor de potência é igual a 0.

Mas, na prática dificilmente essas cargas existem separadamente, o comum é uma rede eléctrica mista, uma carga pode ter características resistivas e indutivas e resistivas e capacitivas, nunca capacitiva e indutiva simultaneamente. Assim, dependendo do grau dessas componentes o ângulo de defasagem varia na faixa de -90° a 90° .

2.2.2. Consequências de baixo factor de potência

2.2.2.1. Perdas na Instalação

As perdas de energia eléctrica ocorrem em forma de calor e são proporcionais ao quadrado da corrente total ($I^2.R$). Como essa corrente cresce com o excesso de energia reactiva, estabelece-se uma relação entre o incremento das perdas e o baixo factor de potência, provocando o aumento do aquecimento de condutores e equipamentos.

2.2.2.2. Quedas de Tensão

O aumento da corrente devido ao excesso de energia reactiva leva a quedas de tensão acentuadas, podendo ocasionar a interrupção do fornecimento de energia eléctrica e a sobrecarga em certos elementos da rede. Esse risco é sobretudo acentuado durante os períodos nos quais a rede é fortemente solicitada. As quedas de tensão podem provocar ainda, a diminuição da intensidade luminosa das lâmpadas e aumento da corrente nos motores.

2.2.2.3. Subutilização da Capacidade Instalada

A energia reactiva, ao sobrecarregar uma instalação eléctrica, inviabiliza sua plena utilização, condicionando a instalação de novas cargas a investimentos que seriam evitados se o factor de potência apresentasse valores mais altos. O “espaço” ocupado pela energia reactiva poderia ser utilizado para o atendimento de novas cargas.

Os investimentos em ampliação das instalações estão relacionados principalmente aos transformadores e condutores necessários. O transformador a ser instalado deve atender à potência total dos equipamentos utilizados, mas devido a presença de potência reactiva, a sua capacidade deve ser calculada com base na potência aparente das instalações.

Potência útil absorvida (kW)	FP	Potência do TRAFO (kVA)
800	0,4	2000
	0,6	1334
	0,8	1000
	1,0	800

Tabela 1: Variação da potência do Trafo em função do factor de potência
(Fonte: O Autor)

Da mesma forma, para transportar a mesma potência activa sem o aumento de perdas, a seção dos condutores deve aumentar à medida em que o factor de potência diminui.

Seção relativa		Fator de Potência
1,00	◦	1,00
1,23	◦	0,90
1,56	◦	0,80
2,04	○	0,70
2,78	○	0,60
4,00	○	0,50
6,25	○	0,40
11,10	○	0,30

Tabela 2: Variação da seção de um condutor em função do factor de potência
(Fonte: WEG, 2009 [14])

2.2.3. Controle de factor de potência

Apesar de necessária, a utilização de energia reactiva indutiva deve ser limitada ao mínimo possível, por não realizar trabalho efectivo, servindo apenas para magnetizar as bobinas dos equipamentos. Quanto menor a potência reactiva, maior é o $\cos(\varphi)$. Para uma mesma potência instalada, uma alta energia reactiva limita o transporte e utilização da potência activa.

2.2.4. Causadores de baixo factor de potência

Os principais causadores de baixo factor de potência são:

- Motores e transformadores operando “em vazio” ou com pequenas cargas;
- Motores e transformadores superdimensionados;
- Grande quantidade de motores de pequena potência;
- Máquinas de solda;
- Grande quantidade de aparelhos de ar condicionado;

- Lâmpadas de descarga fluorescentes, vapor de mercúrio, vapor sódio sem reactores de alto factor de potência.

2.2.5. Corrigir factor de potência

Corrigir o factor de potência significa tomar as medidas necessárias para aumentar o factor de potência em um determinado ponto da instalação, suprimindo localmente, a energia reactiva necessária, de forma que o valor da corrente e, conseqüentemente da energia fluindo através do sistema à montante poderá ser reduzida. Uma forma viável de suprir esta energia reactiva é através da instalação de bancos de capacitores. Como mencionado acima, corrigir o factor de potência localmente em uma planta eléctrica implica em excelentes vantagens técnico-económicas:

- Prevenção de multas cobradas pela concessionária de energia eléctrica;
- Melhor utilização da distribuição de energia eléctrica;
- Redução das perdas nos condutores eléctricos;
- Minimização de emissões de CO₂ ao meio ambiente;
- Redução perdas na instalação em forma de calor e queda de tensão.

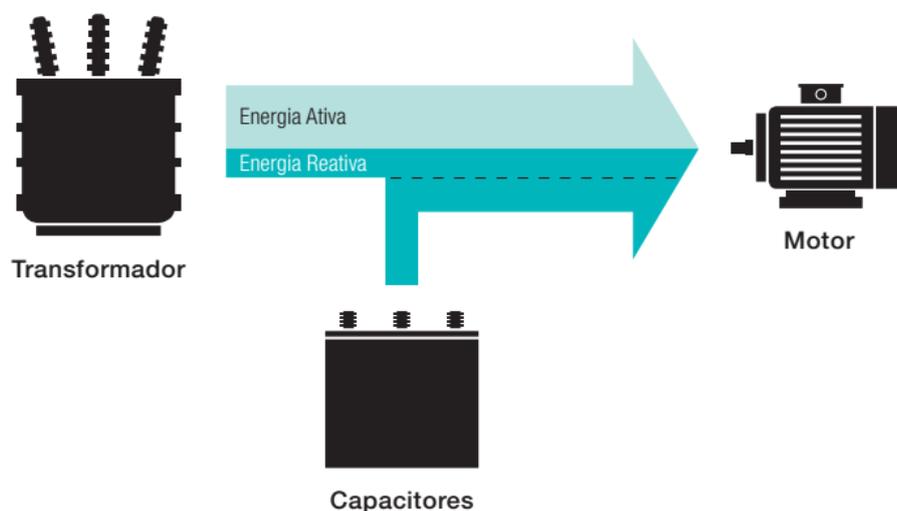


Figura 4: Fluxo de potência com banco de capacitores na distribuição
(Fonte: ABB, 2015 [1])

2.3. Métodos de correcção do FP

A forma mais racional e económica de se fornecer a energia reactiva necessária para o funcionamento dos equipamentos é a instalação de capacitores. Para se controlar o factor de potência, inicialmente é necessário medirmos a quantidade de energia activa e reactiva do sistema para sabermos a quantidade de reactivos que

deverá ser incorporada para se atingir um desejado factor de potência. Dependendo da arquitectura do sistema eléctrico e da dinâmica de operação da instalação, várias estratégias de correcção deverão ser avaliadas pelo profissional. A correcção pode ser feita na entrada da instalação, por grupos de cargas ou em cargas individuais, sendo sempre aconselhado em sistemas industriais a aplicação em baixa tensão, pelas seguintes desvantagens de correcção em Média Tensão:

- Inviabilidade económica de instalar banco de capacitores automáticos;
- Maior probabilidade da instalação se tornar capacitiva (capacitores fixos);
- Aumento de tensão do lado da concessionária;
- Aumento da capacidade de curto-circuito na rede da concessionária;
- Maior investimento em cabos e equipamentos de Baixa Tensão;
- Manutenção mais difícil;
- Benefícios relacionados com a diminuição das correntes reactivas nos cabos, transformadores, não são obtidos.

2.4. Tipos de Correcção de FP em zonas industriais

A compensação de FP nas áreas industriais é normalmente desenvolvida pelos seguintes métodos: Correcção individual; Correcção para grupo de carga; Correcção centralizada e Correcção mista.

2.4.1. Correcção individual

Esta técnica é obtida instalando-se os capacitores junto ao equipamento que se pretende corrigir o factor de potência, representa do ponto de vista técnico, a melhor solução em sistemas menores, apresentando as seguintes vantagens:

- Reduz as perdas energéticas em toda a instalação;
- Diminui a carga nos circuitos de alimentação dos equipamentos;
- Pode-se utilizar em sistema único de accionamento para a carga e o capacitor, economizando-se um equipamento de manobra;
- Gera potência reactiva somente onde é necessário.

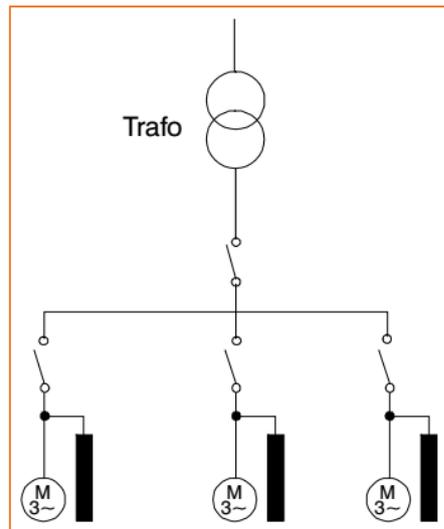


Figura 5: Correção de factor de potência individual
(Fonte: WEG, 2009 [14])

2.4.2. Correção para grupo de carga

O capacitor é instalado de forma a corrigir um sector ou um conjunto de pequenas máquinas (<10cv). É instalado junto ao quadro de distribuição que alimenta esses equipamentos. Tem como desvantagem não diminuir a corrente nos circuitos de alimentação de cada equipamento.

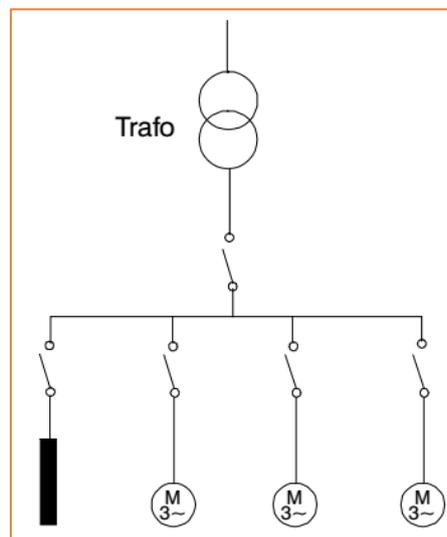


Figura 6: Correção de factor de potência para grupo de carga
(Fonte: WEG, 2009 [14])

2.4.3. Correção centralizada

Permite uma correção bastante significativa, normalmente com bancos automáticos de capacitores. Utiliza-se este tipo de correção em instalações eléctricas com elevado número de cargas com potências diferentes e regimes de utilização

poucos uniformes. A principal desvantagem consiste em não haver alívio sensível dos alimentadores de cada equipamento.

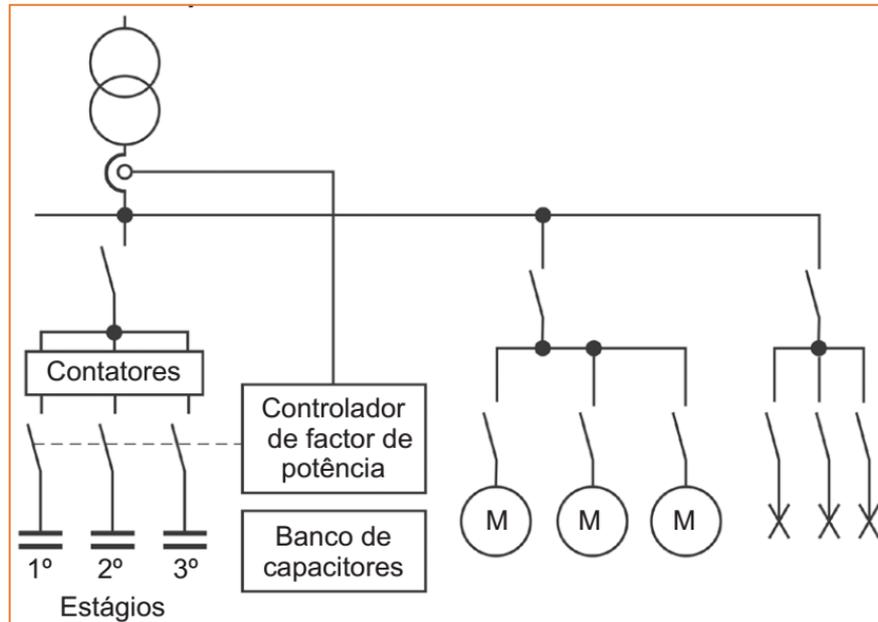


Figura 7: Correção de fator de potência centralizada
(Fonte: SIEMENS, 2018 [13])

2.4.4. Correção mista

Este método de correção engloba dois ou mais métodos separados de correção de FP, busca atender a situação de uma forma específica e mais completa, considerando aspectos técnicos, práticos e financeiros, torna-se a melhor solução.

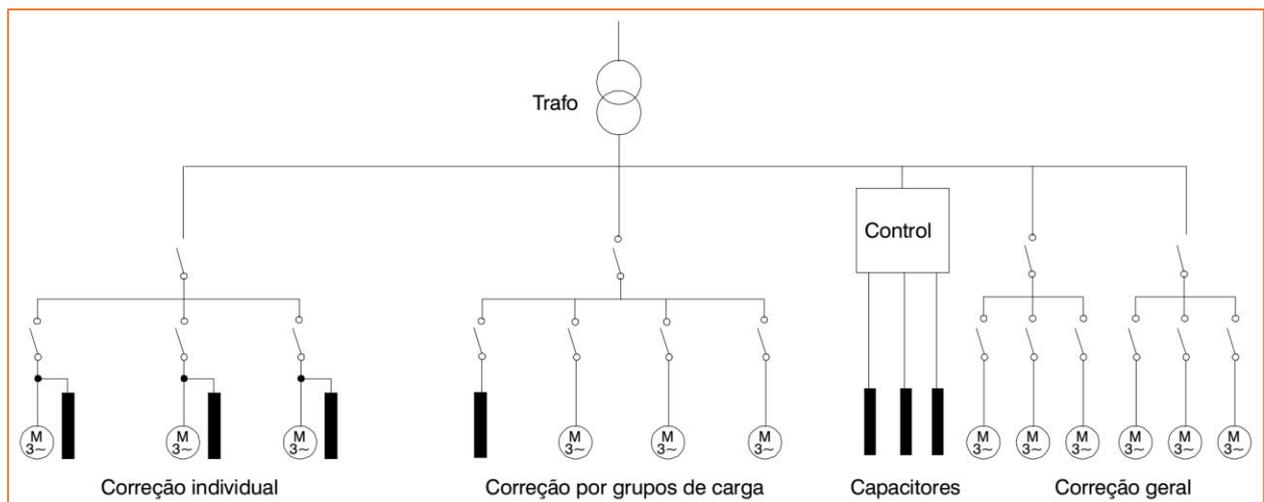


Figura 8: Correção mista
(Fonte: WEG, 2009)

2.5. Métodos de controlo

O modo como a injeção de energia reactiva será realizado é dada pela forma de ligação dos capacitores nos diversos pontos da instalação. As células capacitivas ou bancos de capacitores podem ser conectados de maneira fixa, ou então de maneira controlada utilizando-se controladores e dispositivos de manobra. A seguir são apresentadas as particularidades de cada método de controlo de banco.

2.5.1. Banco fixo

Nesta configuração, os capacitores são conectados directamente à alimentação, sem a utilização de dispositivos de manobra, o que impossibilita o controle de injeção de reactivos em função da carga. Pode ser utilizado directamente sobre as cargas indutivas, ou ainda em barramentos gerais de tensão primária ou secundária. É o método mais simples e de menor custo, no entanto pode proporcionar problemas em situações de baixa carga devido ao excesso de energia reactiva capacitiva, como sobretensões elevadas e facturamento de energia reactiva excedente capacitiva na madrugada.

2.5.2. Banco semiautomático

Neste caso, os capacitores são instalados juntos das cargas indutivas e accionados simultaneamente a estas, normalmente utilizando os mesmos dispositivos de manobra destas. Esta configuração permite um certo grau de controlo, injectando reactivos na rede somente quando na presença de cargas solicitantes. Tem como característica um custo alto relativo à associação de um capacitor ou banco para cada carga; quanto maior a diversidade de cargas, maior este custo.

2.5.3. Banco automático

Este sistema visa o fornecimento centralizado e variável de energia reactiva conforme a variação da carga, sendo normalmente instalado no barramento geral de baixa tensão do sistema. Consiste em um agrupamento de capacitores distintos, denominados estágios, accionados por contactores individuais; estes contactores, por sua vez, são controlados por um dispositivo electrónico que monitora parâmetros da rede eléctrica e acciona determinados estágios visando a manutenção do factor de potência em uma faixa pré-determinada.

2.5.4. Compensação estática

Esta configuração é um caso especial da correcção automática, sendo utilizada em situações nas quais as cargas apresentam dinâmica rápida, como máquinas de

solda a ponto, prensas. Nesta, o accionamento dos capacitores se dá por meio de dispositivos estáticos (utilizando electrónica de potência) em substituição aos tradicionais contactores. O uso de dispositivos estáticos permite a manobra dos capacitores em tempos na ordem de 1 ciclo da rede, pois utilizam a técnica “zero-crossing”, inserindo o capacitor na rede no momento que a tensão é nula. Esta característica dispensa a necessidade de descarga do capacitor e isenta os equipamentos dos transientes de manobra. A compensação estática é comumente referida como compensação em “tempo real”.

2.6. Elementos de bancos de capacitores para correcção de FP

Os elementos para a instalação de banco de capacitores nas zonas industriais, para correcção de FP são apresentados abaixo em função de bancos de capacitores automáticos com bobinas de alisamento, esta escolha dá-se por BCA conter todos equipamentos para as diferentes variantes de banco para correcção de FP.

2.6.1. Capacitores

Elemento base do Banco de Capacitores, responsável pelo armazenamento de Energia Reactiva. Os Capacitores devem ser protegidos principalmente pela perfuração do dieléctrico que pode acontecer devido a uma sobrecarga térmica, eléctrica ou até mesmo devido ao final da vida útil do capacitor.

2.6.2. Reactores de alisamento (anti-surtos)

Indutores de alisamento constituem-se de bobinas em núcleos feito com chapas de aço-silício de alta permeabilidade para controlo e bloqueio de harmónicas. É importante que as bobinas sejam produzidas com fio de cobre de alta qualidade equipada com termostato para protecção de indutor em caso de elevadas temperaturas.

2.6.3. Controlador de factor de potência

O controlador de FP faz o monitoramento da rede controla o FP de cargas monofásicas, bifásicas, e também de cargas trifásicas balanceadas ou desbalanceadas. O controlador é responsável pelo comando da entrada ou saída dos capacitores, e é preferencialmente necessário que este tenha múltiplos estágios de controlo de capacitores.

2.6.4. Módulo de descarga rápida de capacitores

Os MDRC's realizam a descarga do capacitor possibilitando um religamento mais rápido, diminuindo o risco de queima do capacitor no religamento. Este equipamento é projectado para apresentar perdas reduzidas, aprimorando o seu desempenho. Ainda com a sua acção, minimiza-se o risco de choque acidental.

2.6.5. Resistores de descarga de capacitores

Os resistores de descarga, são normalmente aplicados como opção de MDRC, por serem mais lentos que os MDRC's, eles se tornam preferenciais em unidades em que o Banco opera sem muitas interrupções. Os resistores são aplicados para reduzir a tensão do capacitor, minimizando o risco de se danificar na hora de religamento e evitando o risco de choque eléctrico acidental.

2.6.6. Contactores para manobra de capacitores

Elemento de manobra e automação do Banco de Capacitores. Devido à elevada corrente de energização dos capacitores, que se encontra na ordem de 30 a 50 vezes a corrente nominal, isto, num transitório de milissegundos "*In rush*", o contactores devem apresentar robustez suficiente para suportar a devida corrente inicial.

2.6.7. Punho saca fusível NH (Caixa seccionadora)

Porta fusível desempenha o papel de suporte e base para os fusíveis, devem ser portas fusível que apresentem a função de seccionamento, no caso de bases de fusíveis, devem ser previstas uma unidade de seccionamento para o Banco de Capacitores.

2.6.8. Dispositivos de protecção contra curto-circuitos

Capacitores para correcção de factor de potência devem ser protegidos contra curto-circuito por fusíveis ou disjuntores termomagnéticos, preferencialmente por fusíveis retardados de baixas perdas e alta capacidade de ruptura, são indicados fusíveis (gL - gG). Um fusível deve ser dimensionado para 1.5 a 1.8 vezes a corrente nominal do capacitor.

2.6.9. Sistema de exaustão e ventilação

O Banco de capacitores necessita de ser protegido contra o superaquecimento, de modo que seus elementos não percam suas propriedades e ocasionem possíveis danos, daí se torna necessário um sistema de refrigeração com controlo por

temperatura. A temperatura de referência deve ser mais baixa em relação a temperatura de operação de todos os elementos do banco.

CAPÍTULO 3: CÁLCULO DE BC PARA CORRECÇÃO DE FP

Para iniciar um projecto de correcção do factor de potência se deve seguir inicialmente duas etapas:

- 3.2.1. Interpretar e analisar os parâmetros eléctricos das instalações: nas empresas em operação, através das medições efectuadas e nas empresas em projecto, através dos parâmetros eléctricos presumidos;
- 3.2.2. Ter em mãos e interpretar as especificações técnicas de todos os materiais que serão empregados na execução do projecto.

O Banco para correcção de factor de potência será calculado para a SE3.5, pertencente à empresa CFM - Sul, que opera dentro de uma zona industrial de grande porte, os caminhos de ferro e portuários. A CFM faz a aquisição de energia da EDM, sendo seu fornecimento a partir de CTM numa potência total de 10MVA.

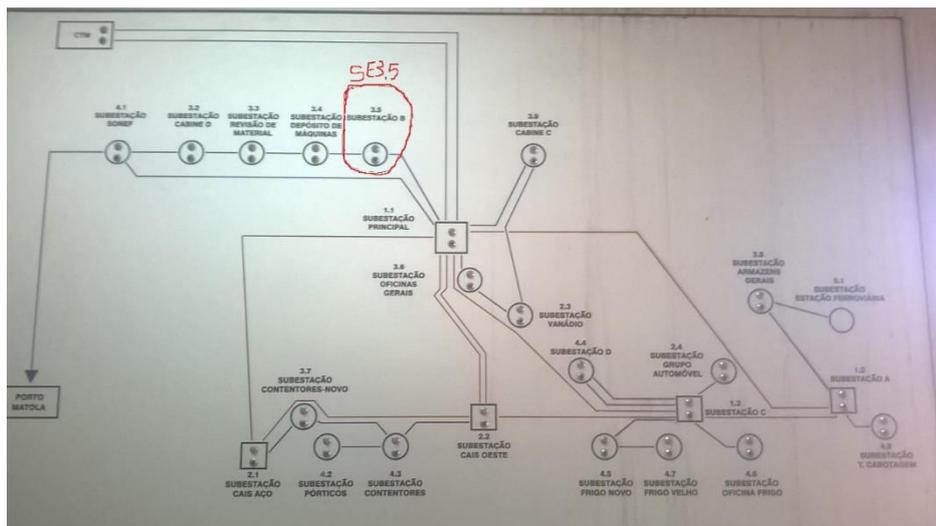


Figura 9: Sistema eléctrico do CFM – Sul
(Fonte: O Autor)

3.1. Levantamento de Dados

Item	Designação	Qntd.
1	Tensão de alimentação (V)	400
2	Potência total de carga (kW)	1800
3	Potência de cargas não lineares (kW)	460
4	Distorção total de harmónicas (%)	6,01
5	Factor de potência da instalação (Hz)	0,8
6	Factor de potência desejado (Hz)	0,96

Tabela 3: Principais dados de entrada para cálculo de BC
(Fonte: O Autor)

3.1.1. Ciclo operacional das cargas

Nr.	Período (Horas)	Carga (%)
1	0 – 6	45
2	6 – 11	80
3	11 – 13:30	15
4	13:30 – 18	60
5	18 – 0	25

Tabela 4: Ciclo operacional de cargas da instalação (Caso de estudo)
(Fonte: o Autor)

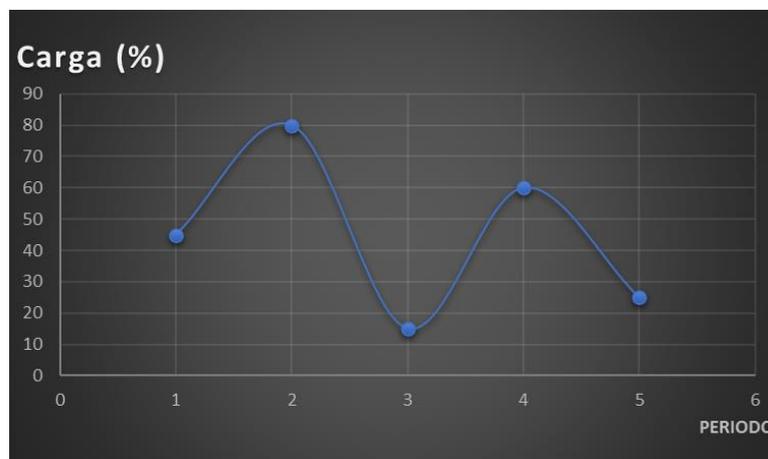


Figura 10: Ciclo operacional de cargas da instalação (Caso de estudo)
(Fonte: O Autor)

3.2. Dimensionamento dos elementos do banco

3.2.1. Definição do tipo de BC a ser instalado

O tipo de banco é definido com base na relação de carga não lineares pela carga total da indústria, verificando a condição abaixo:

$$Cargas_{\text{Não-Lineares}} > 20\%$$

(3.1)

Se potência das cargas não lineares não ultrapassarem 20% da carga total da Unidade industrial, pode-se corrigir o factor de potência somente com capacitores, pois é pouca a possibilidade de haver problemas com harmónicas na instalação eléctrica, se o total de cargas não lineares ultrapassar 20% da carga total instalada deverá ser

instalado Banco de Capacitores Automáticos ou Banco de Capacitores semiautomáticos.

Verificação de condição (3.1)

$$Cargas_{N\tilde{a}o-Linear} > \frac{Carga\ linear}{Carga\ total} \times 100\%$$

$$Cargas_{N\tilde{a}o-Linear} > \frac{460}{1800} \times 100\%$$

$$Cargas_{N\tilde{a}o-Linear} > 0,2556 \times 100\%$$

$$Cargas_{N\tilde{a}o-Linear} > 25,56\%$$

Como a percentual de cargas não lineares ultrapassa 20%, e uma correcção global tende a ser menos cara quando se trata de zona industrial com vários equipamentos, no entanto, será instalado o **Banco de Capacitor Automático**.

3.2.2. Cálculo da potência reactiva para a compensação

3.2.2.1. Método compensado SIEMENS

O cálculo da potência dos capacitores para um factor de potência desejado será realizado de acordo com a expressão (3.2), abaixo.

$$Q_C = F \times S_{Total} \quad (3.2)$$

Onde:

$F \rightarrow$ é o factor de multiplicação necessário para a correcção do factor de potência existente para o desejado, colectado do anexo 5;

$S_{Total} \rightarrow$ é o valor da Potência da instalação [kVA];

$Q_C \rightarrow$ é o valor da potência reactiva para a compensação [kVAr];

Assim, com base nos dados apresentados em 3.1, aplicando a expressão (2.1) para o conhecimento da potência da instalação e por fim a expressão (3.2) temos:

- Potência total: 1800kW
- FP: 0,8
- F:0,458

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} \rightarrow S = \frac{P}{\cos \varphi} \rightarrow S = \frac{1800}{0,8} \rightarrow S = 2250kVA$$

$$Q_C = F \times S_{Total} \rightarrow Q_C = 0,458 \times 2250 \rightarrow Q_C = 1030,5kVAr$$

3.2.2.2. Método analítico pelo triângulo de potência

Neste modelo, o cálculo de potência reactiva para a compensação na instalação será realizado com base nos processos que se seguem.

- Potência da instalação: 1800kW
- Factor de potência: 0,8

3.2.2.2.1. Cálculo do ângulo da relação de potência

Como o FP da instalação é 0,8; o seu ângulo fica:

$$\cos(\varphi) = 0,8 \rightarrow \varphi = \cos^{-1} 0,8 \rightarrow \varphi = 36,87^\circ$$

3.2.2.2.2. Cálculo da potência reactiva da instalação

$$Q_{inst} = \frac{P}{\cos(\varphi)} \times \sin(\varphi) \quad (3.3)$$

$$Q_{inst} = \frac{1800}{\cos(36,87^\circ)} \times \sin(36,87^\circ) = 1350kVAr$$

3.2.2.2.3. Energia reactiva para compensação

- Factor de potência desejado: 0,96
- Cálculo de ângulo de potência para FP desejado

$$\cos(\varphi_2) = 0,96 \rightarrow \varphi_2 = \cos^{-1} 0,94 \rightarrow \varphi_2 = 16,26^\circ$$

- Cálculo da potência reactiva nas condições de FP 0,96

$$Q_2 = P \times \tan(\varphi) \quad (3.4)$$

$$Q_2 = P \times \tan(\varphi) = 1800 \times \tan(16,26^\circ) = 525kVAr$$

- Cálculo de energia reactiva de compensação

$$Q_C = Q_{inst} - Q_2 = 1350 - 525 = 825kVAr$$

3.2.3. Escolha de potência reactiva do BC

Sendo BCA, é escolhido a potência com base no modelo compensado Siemens, assim será instalado um sistema de 2 x 520kVAr, executado em painéis autoportantes, o que corresponde para uma potência compensada por painel autoportante (Q_{CP}) de 520kVAr. Cada Banco consistirá num total de seis (6) estágios. Sendo assim a potência por estágio fica:

$$Q_{Estágio} = \frac{Q_{CP}}{6} \quad (3.5)$$

$$Q_{Estágio} = \frac{Q_{CP}}{6} = \frac{520}{6} = 86,67kVAr$$

$$X_C = \frac{3 \times U^2}{Q_{Estágio}} \quad (3.6)$$

$$X_C = \frac{3 \times U^2}{Q_{Estágio}} = \frac{3 \times 400^2}{86,67 \times 10^3} = 3 \times 1,85\Omega$$

$$C = \frac{3 \times 400^2}{2 \times \pi \times 50 \times 86,67 \times 10^3} = 3 \times 5,88mF - \Delta$$

3.2.4. Definição da necessidade de anti-harmónicas

A necessidade de protecção contra-harmónicas é definida de acordo com o conteúdo de harmónica total da instalação, de acordo com a condição abaixo, onde se a distorção total for maior que quatro por cento deve ser previsto indutores de protecção anti-harmónicas nos capacitores ou filtros para as harmónicas significativas:

$$THD > 4\% \quad (3.7)$$

Como THD da instalação é de 6,01% e é maior que 4%, logo deve ser previsto protecção contra-harmónica, e para esta projecto será instalado filtros para 3ª, 5ª e 7ª harmónica.

3.2.5. Cálculo de filtro passivo de harmónicas

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (3.8)$$

$$\sqrt{LC} = \frac{1}{2\pi f}$$

Onde:

$f \rightarrow$ é a frequência da harmónica [Hz];

$L \rightarrow$ é o valor da indutância [H];

$C \rightarrow$ é o valor da capacitância [F];

$$LC = \left(\frac{0,16}{f}\right)^2 \quad (3.9)$$

$$X_C > X_L \quad (3.10)$$

$$X_C = \frac{1}{2 \times \pi \times f_o \times C} \quad (3.11)$$

$$X_L = 2 \times \pi \times f_o \times L \quad (3.12)$$

$f_o \rightarrow$ é a frequência fundamental [50Hz].

3.2.5.1. 3ª Harmónica (150Hz)

$$LC = \left(\frac{0,16}{f}\right)^2 = \left(\frac{0,16}{150}\right)^2 = 1,138 \times 10^{-6} (H \times F)$$

Capacitância e indutância seleccionadas:

$$C = 72,9 \times 10^{-6} F \text{ e } L = 0,156 \times 10^{-3} H$$

$$LC = 0,156 \times 10^{-3} H \times 72,9 \times 10^{-6} F = 1,138 \times 10^{-6} (H \times F)$$

$$X_C = \frac{1}{2 \times \pi \times f_o \times C} = \frac{1}{2 \times \pi \times 50 \times 72,9 \times 10^{-6}} = 43,664 \Omega$$

$$X_L = 2 \times \pi \times f_o \times L = 2 \times \pi \times 50 \times 0,156 \times 10^{-3} = 4,904 \Omega$$

$$X_C > X_L \rightarrow 43,664 \Omega > 4,904 \Omega$$

Verificada a condição

3.2.5.2. 5ª Harmónica (250Hz)

$$LC = \left(\frac{0,16}{f}\right)^2 = \left(\frac{0,16}{250}\right)^2 = 0,409 \times 10^{-6} (H \times F)$$

Capacitância e indutância seleccionadas:

$$C = 72,9 \times 10^{-6} F \text{ e } L = 5,62 \times 10^{-3} H$$

$$LC = 5,62 \times 10^{-3} H \times 72,9 \times 10^{-6} F = 0,409 \times 10^{-6} (H \times F)$$

$$X_C = \frac{1}{2 \times \pi \times f_o \times C} = \frac{1}{2 \times \pi \times 50 \times 72,9 \times 10^{-6}} = 43,664 \Omega$$

$$X_L = 2 \times \pi \times f_o \times L = 2 \times \pi \times 50 \times 5,62 \times 10^{-3} = 55,920 \Omega$$

$$X_C > X_L \rightarrow 43,664 \Omega > 55,920 \Omega$$

Verificada a condição

3.2.5.3. 7ª Harmónica (350Hz)

$$LC = \left(\frac{0,16}{f}\right)^2 = \left(\frac{0,16}{350}\right)^2 = 2,090 \times 10^{-7} (H \times F)$$

Capacitância e indutância seleccionadas:

$$C = 72,9 \times 10^{-6} F \text{ e } L = 2,87 \times 10^{-3} H$$

$$LC = 2,87 \times 10^{-3} H \times 72,9 \times 10^{-6} F = 2,090 \times 10^{-6} (H \times F)$$

$$X_C = \frac{1}{2 \times \pi \times f_o \times C} = \frac{1}{2 \times \pi \times 50 \times 72,9 \times 10^{-6}} = 43,6646 \Omega$$

$$X_L = 2 \times \pi \times f_o \times L = 2 \times \pi \times 50 \times 2,87 \times 10^{-3} = 0,901 \Omega$$

$$X_C > X_L \rightarrow 43,664 \Omega > 0,901 \Omega$$

Condição Verificada

O esquema 03 nos anexos, apresenta a ligação do filtro passivo de harmónica.

3.2.6. Protecção do banco

A protecção do banco será provida através de fusíveis que obedecerá as especificações que estão apresentadas a seguir.

- Potência nominal do banco (Qn): 2 x 520kVAr
- Tensão nominal de operação (U): 400V
- Potência nominal por estágio (Q_{Estágio}): 86,67kVAr
- Tempo de corrente “*In-rush*”: 20ms
- Número de estágios: 6
- Tolerância: (6 – 9)%

3.2.6.1. Cálculo de corrente de linha por estágio

$$I_{linha} = \frac{Q_{Estágio}}{\sqrt{3} \times U} \quad (3.13)$$

$$I_{linha} = \frac{Q_{Estágio}}{\sqrt{3} \times U} = I_{linha} = \frac{86,67 \times 1000}{\sqrt{3} \times 400} = 125,10 A$$

3.2.6.2. Corrente envolvendo a tolerância de 9%

$$I_{linha(9\%)} = I_{linha} + 9\% \text{ de } I_{linha} \quad (3.14)$$

$$I_{linha(9\%)} = I_{linha} + 9\% \text{ de } I_{linha} = (1 + 0,09) \times I_{linha} = 136,36A$$

3.2.6.3. Corrente máxima de energização de capacitores

$$I_{In-rush} = 50 \times I_{linha} \quad (3.15)$$

$$I_{In-rush} = 50 \times I_{linha} = 50 \times 125,10 = 3609A = 6,255kA$$

3.2.6.4. Corrente nominal de fusível

A corrente nominal do fusível é obtida a partir da equação abaixo e é para utilização de fusíveis de características gL – gG.

$$I_{nf} = 1,65 \times I_{linha} \quad (3.16)$$

$$I_{nf} = 1,65 \times I_{linha} = 1,65 \times 125,01 = 206,27A$$

Tem-se como resultado um fusível de 224A conforme o a curva de fusível NH em anexo 6. O banco será protegido por Fusível WEG FNH1-224U - Retardado - gL/gG - 120kA / 500 Vca, conforme o anexo 7.

3.2.7. Dimensionamento de contactor

A corrente do contactor é determinada com base na corrente de tolerância máxima do banco, assim, para o caso será CWM95 com corrente de 140A - Categoria AC-6b e Temperatura ambiente de 70°C, com base no anexo 1.

$$I_K = I_{linha(9\%)} = 136,66A$$

3.2.8. Definição dos condutores**3.1.8.1. Ligação do BC à rede**

Os condutores para ligação do banco de capacitores à rede serão dimensionados com base num sobredimensionamento de 1,35 vezes a corrente nominal do capacitor de modo a suportar as elevadas correntes de ligação do banco (*In-Rush*) e levar em consideração outros critérios como temperatura ambiente.

$$I_C = 1,35 \times 125,01A = 178,76A$$

$$I_n = 179A; S = 3 \times 95mm^2$$

O cabo foi seleccionado com base na tabela 3.6 que pode ser encontrada em MAMADE FILHO [8], com seguintes especificações adicionais temperatura ambiente de 30°C e temperatura no cabo de 70°C, sendo estes cabos unipolares flexíveis.

3.1.8.2. Ligação do circuito de automação e controlo

Os cabos de controlo e automação serão executados com cabos de cobre flexíveis, com secção mínima de 2,5 mm², isolados em composto termoplástico para 750V e adequados a uma temperatura máxima de 70°C em carga nominal.

3.2.9. Controlador de factor de potência

Elemento responsável pela automatização do banco, podem ser aplicados os seguintes controladores, PFW01, o BR600, ou outro, desde que esteja equipado de microprocessador destinado ao controlo do factor de potência, accione primeiramente os bancos com o menor número de operações, evitando manobras excessivas em um único estágio, accione o banco de acordo com a potência reactiva requerida pelo sistema e opere de maneira rotativa.

3.3. Manutenção de banco de capacitores para correcção de FP

3.3.1. Manutenção preventiva

Periodicidade	Crítérios para Inspeção
Mensal	Verificar visualmente em todas as Unidades Capacitivas se houve actuação do dispositivo de segurança interno, indicado pela expansão da caneca de alumínio no sentido longitudinal. Caso positivo, substituir por outra com a mesma potência.
	Verificar se há fusíveis queimados. Caso positivo, tentar identificar a causa antes da troca. Usar fusíveis com corrente nominal indicada nesta memória.
	Verificar o funcionamento adequado dos contactores;
	Comprovar o funcionamento do termostato e do ventilador. Medir a temperatura interna (máxima de 45°C).
	Medir a tensão e a corrente das unidades capacitivas e verificar o aperto das conexões dos capacitores.
Semestral	Efectuar limpeza completa do armário metálico, interna e

	externamente, usando álcool isopropílico.
	Repetir todos os procedimentos do item anterior (mensal).
	Reapertar todos os parafusos dos contactos eléctricos e mecânicos;
	Verificar estado de conservação das vedações contra a entrada de insectos e outros objectos.
	Verificar defeito de fabricação do controlador, ou seja, controlador com repique (rápida abertura e fechamento dos contactos de saída).

Tabela 5: Plano de manutenção preventiva mensal e semestral de BC
(Fonte: O Autor)

3.3.2. Manutenção Correctiva do Banco

No âmbito da manutenção correctiva do banco de capacitores devem ser considerados os seguintes processos:

- Na ocorrência de uma falha ou danificação de equipamentos do banco, efectuar sempre a troca por um outro de características similares e em condições de operação verificadas.
- Se houver fusíveis queimados, verificar o estado do capacitor antes de realizar a substituição, e sempre substituir por fusíveis compatíveis.
- Se um capacitor estiver desligado por sobrepressão, sempre verificar o estado do contactor antes de substituí-lo.
- Se houver sinais de superaquecimento em qualquer componente do banco, verificar a eficácia do sistema de ventilação e também o conteúdo harmónico dos capacitores.
- Verificar a tensão, se há sobretensão, o tempo de descarga e o número de conexões realizadas.

3.4. Medições e estimativa de custo

3.4.1. Medições

Nr.	Designação	Unidade	Quantidade
-----	------------	---------	------------

1	Autoportante 2000x1200x660mm	Unidade	2
2	Modulo capacitivo 90/440/400 – 90kVAr	Unidade	12
3	Autoportante 2000x800x660mm	Unidade	1
4	Capacitor 72,9 μ F/230V/50Hz	Unidade	3
5	Indutor 0,159mH/230V/50Hz	Unidade	3
6	Indutor 0,409mH/230V/50Hz	Unidade	3
7	Indutor 2,87mH/230V/50Hz	Unidade	3
8	Contactora 148A/230V/AC-6b	Unidade	12
9	Fusível 224A/gL-gG/120kA/500V/NH00	Unidade	36
10	Base de fixação de fusível NH00	Unidade	36
11	Controlador de factor de potência	Unidade	2
12	Ventilador de autoportante 230V/50Hz	Unidade	6
13	Condutor flexível PVC/750V/95.0mm ²	Metro	60
14	Condutor flexível PVC/750V/2.5mm ²	Metro	70
15	Condutor de terra VAV/750V/6.0mm ²	Metro	18
16	Terminais para cabo de 95.0mm ²	Unidade	60
17	Terminais para cabo de 2.5mm ²	Unidade	40
18	Terminais para cabo de 6.0mm ²	unidade	6
19	Barra de fixação 1000x40mm	Metro	8
20	Ligador (1x8) 65A/600V/750V	Unidade	6
21	Acessórios de fixação	Unidade	7

Tabela 6: Medições de materiais necessários para instalação do banco da SE3.5
(Fonte: O Autor)

3.4.2. Estimativa de custo

Nr.	Designação	Custo (mts)	
		P/Unidade	Total
1	Autoportante 2000x1200x660mm	26.000,00	52.000,00
2	Modulo capacitivo 90/440/400 – 90kVAr	49.000,00	588.000,00
3	Autoportante 2000x800x660mm	23.000,00	23.000,00
4	Capacitor 72,9 μ F/230V/50Hz	1.800,00	5.400,00
5	Indutor 0,159mH/230V/50Hz	1.100,00	3.300,00
6	Indutor 0,409mH/230V/50Hz	1.350,00	4.050,00
7	Indutor 2,87mH/230V/50Hz	1.600,00	4.800,00
8	Contactora 148A/230V/AC-6b	16.000,00	192.000,00
9	Fusível 224A/gL-gG/120kA/500V/NH00	150,00	5.400,00
10	Base de fixação de fusível NH00	320,00	11.520,00
11	Controlador de factor de potência	17.000,00	34.000,00
12	Ventilador de autoportante 230V/50Hz	1.200,00	7.200,0
13	Condutor flexível PVC/750V/95.0mm ²	2.100,00	126.000,00
14	Condutor flexível PVC/750V/2.5mm ²	40,00	2.800,00
15	Condutor de terra VAV/750V/6.0mm ²	105,00	1.890,00
16	Terminais para cabo de 95.0mm ²	18	1.080,00
17	Terminais para cabo de 2.5mm ²	7	280,00
18	Terminais para cabo de 6.0mm ²	10	60,00
19	Barra de fixação 1000x40mm	600,00	4.800,00
20	Ligador (1x8) 65A/600V/750V	380,00	2.280,00
21	Acessórios de fixação	250,00	1.750,00
Custo com materiais		1.071.610,00	
Custo com mão-de-obra		750.000,00	
Custo com transporte		500.000,00	
Taxa de IVA (17%)		182.173,70	
Total		2.503.703,70	

Tabela 7: Estimativa de custo total para instalação do banco da SE3.5
(Fonte: O Autor)

CAPÍTULO 4: REPOSIÇÃO DE BANCO DE CAPACITORES DA SE1.2 CFM – SUL

A sugestão da reposição do banco de capacitores do Caminhos de Ferro – Sul, será realizada com base na avaliação das possíveis causas que levaram a avaria do banco, que serão descritos nos passos seguintes, de forma minuciosa de modo que a reposição seja segura e proporcione um funcionamento adequado.



Figura 11: Banco de capacitor da SE1.2 – CFM-Sul
(Fonte: O Autor)

4.1. Composição do sistema

A composição do sistema é apresentada na figura 13, sendo os principais elementos o capacitores, reactores de anti-surto, controlador de factor de potência, contactores de manobra, resistores de descarga, fusíveis, ventiladores e eventualmente cabos, barramentos e ligadores. O Banco está instalado dentro da SE1.2, que é uma área coberta e com acesso a refrigeração natural, executado em painel autoportante que protege os elementos do banco contra a acção da poeira e outras partículas solidas.

Os equipamentos e dispositivos que constituem o banco são de fabricante SIEMENS cujas características estão apresentadas abaixo.

4.1.1. Capacitores e bobinas anti-surtos

O Capacitores e bobinas anti-surto, formam um módulo compacto. Os capacitores instalados são PHICAP – Siemens, de filme polipropileno metalizado como

dielétrico e acondicionado em caneca de alumínio, com principais características (Células 3Ø de 13,3 kVAr, 440V, 50Hz, com configuração interna em Δ e +15% -5% de tolerância), que cumprem com os prescritos normativos IEC 60831- 1/2, estabelecidos justamente para capacitores para correcção de FP. Já os indutores, estão aplicados para o controlo e bloqueio de harmónicas, e ainda evitar que ocorra ressonância dos capacitores com as indutâncias do sistema eléctrico.



Figura 12: Modulo compacto de capacitores e bobinas anti-surto
(Fonte: O Autor)

4.1.2. Controlador de factor de potência

Está aplicado o BR6000 do fabricante Siemens, que é um controlador de alta performance e múltiplos estágios, este em particular apresenta 6 estágios, o esquema de ligação do controlador está apresentado na figura 16.



Figura 13: Controlador Siemens BR6000
(Fonte: O Autor)

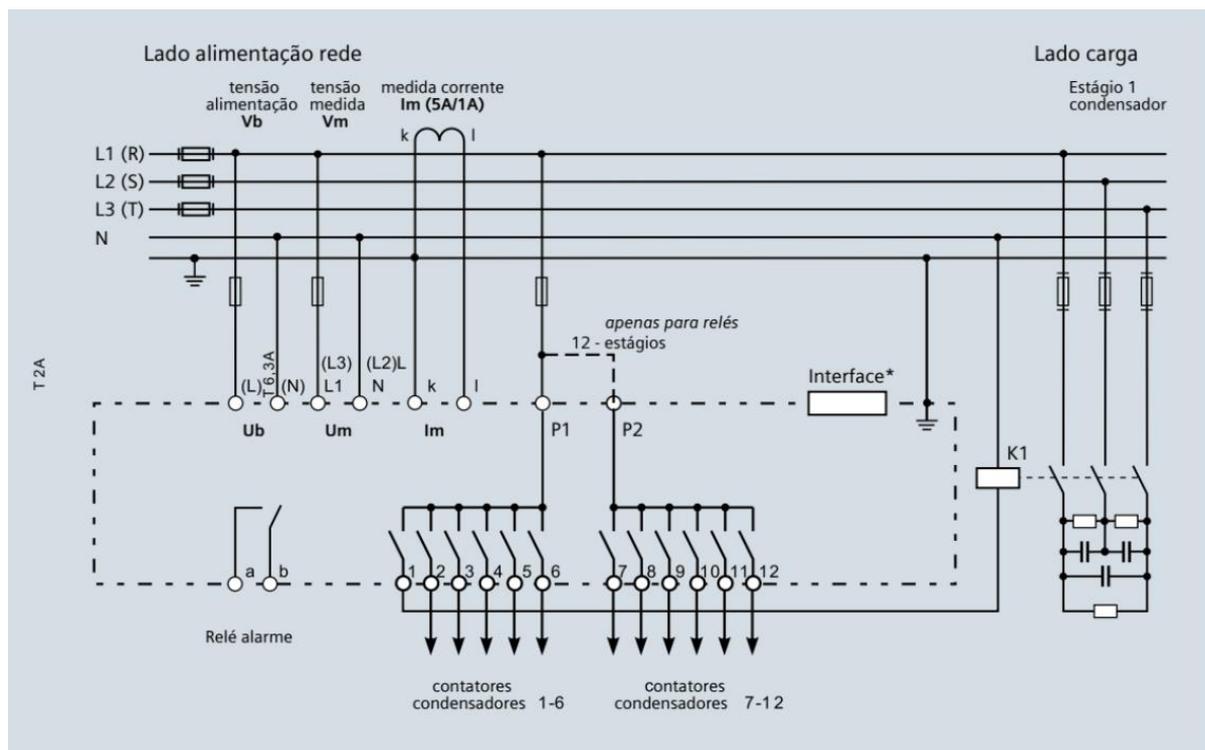


Figura 14: Esquema de ligação do BR6000
(Fonte: SIEMENS, 2012 [10])

4.1.3. Contactores para Manobra de Capacitores

Os contactores para a manobra dos Capacitores, devem ser projectados atendendo a corrente de *In-rush*, que se encontra na ordem de 30 a 50 vezes a

corrente nominal, preferencialmente devem ser previstos os resistores de pré-carga em série com carga reactiva, que permitem a redução dos picos de correntes de *In-rush*, devem ser aplicados contactores de categoria AC-6b, específico para cargas capacitivas, e que atendem a especificações técnicas conforme IEC 60947-4. Recomenda-se a instalação de contactores Siemens 3RT16 de categoria AC-6b ao invés de contactores Siemens 3TF48, que estava previamente instalado e que pertence a categoria AC3.



Figura 15: Contactor 3TF48 instalado no banco
(Fonte: O Autor)



Figura 16: Contactor 3RT16/50KVAR/400V/230V/50Hz recomendado para o banco
(Fonte: SIEMENS, 2013 [11])

4.1.4. Condutores de ligação do banco

Estão instalados condutores flexíveis de 25mm², o que não devia, por não considerar um sobredimensionamento de 35% no mínimo, uma especificação errada do condutor, além de representar uma operação inadequada do banco de capacitores, representa um elevado risco de incêndio para a instalação. De acordo com o cálculo da secção de condutor para uma capacidade mínima de corrente superior a trinta e cinco porcentos (35%) do valor nominal da corrente do banco abaixo, chega-se a um o valor de secção de 35mm², condutores de PVC/750V, com temperatura de 70°C.

Dados de entrada

- Potência nominal do banco (Qn): 250MVA_r
- Tensão nominal de operação (Un): 400V
- Potência nominal por estágio (Qe): 50kVA_r
- Tempo de corrente “In-rush”: 15ms
- Número de estágios: 5
- Tolerância: 7%

$$I_{linha} = \frac{Q_{Estágio}}{\sqrt{3} \times U_{linha}} = I_{linha} = \frac{50 \times 1000}{\sqrt{3} \times 400} = 72,18A$$

$$I_c = 1,35 \times 72,18A = 97,44A$$

$$I_n = 179A; S = 3 \times 35mm^2$$

4.1.5. Manutenção do banco

A manutenção deve obedecer os procedimentos referenciados na tabela 5, e atender a um caso particular devido a localização do banco:

- No âmbito da manutenção preventiva mensal assim como semestral, tomar cuidado na movimentação de poeira e outros elementos sólidos dentro do autoportante, pois o banco está instalado em uma zona sujeita a mineiros, e que são condutores de electricidades, um processo incorrecto na retirada da poeira, poderá causar uma condução indesejada entre fases do banco causando curto-circuito e danos dos equipamentos e risco aos técnicos na área, por isso recomenda-se que este processo seja com o banco fora de serviço, ou sob condições de segurança extremamente elevadas.

4.1.6. Fusíveis

Foram constatados sinais de chama e derretimento de partes de fusíveis e do punho saca fusível, verificou-se que estão instalados fusíveis NH de classe 00 com corrente nominal de 100A, e assume-se que a causa desta danificação, possivelmente tenha sido uma das principais causas da avaria do banco deve-se a não especificação correcta do fusível, que não obedeceu os 65% da corrente nominal de cada estágio como explicito em 3.2.5.4. Logo, deveria ser instalado fusíveis NH de classe 00 com corrente nominal de 125A, não o de 100A previamente instalados.

$$I_{nf} = 1,65 \times I_{linha} = 1,65 \times 72,18 = 119,10A$$



Figura 17: Fusível NH, base de fusível NH e punho saca fusível da SE1.2
(Fonte: O Autor)

4.2. Medições e estimativa de custo para reposição do BC da SE1.2

4.2.1. Medições

Tabela 8: Medições de materiais necessários para reposição do banco da SE1.2
(Fonte: O Autor)

Nr.	Designação	Unidade	Quantidade
1	Painel Autoportante	Unidade	1
2	Modulo capacitivo 50/7/440/400	Unidade	12
3	Contactora 90A/230V/AC-6b	Unidade	5
4	Fusível 125A/gL-gG/120kA/500V/NH00	Unidade	15
5	Punho saca fusível - NH00	Unidade	5
6	Controlador de factor de potência	Unidade	1
7	Ventilador de autoportante 230V/50Hz	Unidade	1
8	Condutor flexível PVC/750V/35.0mm ²	Metro	30

9	Condutor flexível PVC/750V/2.5mm ²	Metro	30
10	Terminais para cabo de 35.0mm ²	Unidade	20
11	Terminais para cabo de 2.5mm ²	Unidade	15
12	Barra de fixação 1000x40mm	Metro	3
13	Ligador (1x8) 65A/600V/750V	Unidade	2
14	Acessórios de fixação	Unidade	4

4.2.2. Estimativa de custo

Tabela 9: Estimativa de custo total para reposição do banco da SE1.2

(Fonte: O Autor)

Nr.	Designação	Custo (mts)	
		Unidade	Quantidade
1	Painel Autoportante	Existente	Existente
2	Modulo capacitivo 50/7/440/400	Existente	Existente
3	Contactora 90A/230V/AC-6b	16.000,00	80.000,00
4	Fusível 125A/gL-gG/120kA/500V/NH00	125,00	1.875,00
5	Punho saca fusível - NH00	Existente	Existente
6	Controlador de factor de potência	Existente	Existente
7	Ventilador de autoportante 230V/50Hz	Existente	Existente
8	Condutor flexível PVC/750V/35.0mm ²	680,00	20.400,00
9	Condutor flexível PVC/750V/2.5mm ²	40,00	1.200,00
10	Terminais para cabo de 35.0mm ²	12,00	240,00
11	Terminais para cabo de 2.5mm ²	7,00	105,00
12	Barra de fixação 1000x40mm	Existente	Existente
13	Ligador (1x8) 65A/600V/750V	Existente	Existente
14	Acessórios de fixação	Existente	Existente
Custo com materiais		103.820,00	
Custo com mão-de-obra		500.000,00	
Custo com transporte		70.000,00	
Taxa de IVA (17%)		17.649,40	
Total		691.469,40	

CAPÍTULO 5: CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES FINAIS

5.1. Conclusões

Após a realização deste trabalho de licenciatura, que abordou os diferentes tipos de bancos de capacitores que podem ser instalados numa indústria ou zona industrial

para correcção de factor de potência local, constata-se que este tipo de aplicação é de elevada importância em unidades industriais, para garantir o bom funcionamento da rede eléctrica industrial e isenção de custos adicionais causados pelo baixo factor de potência, que tem origem nas características indutiva de cargas deste locais, constata-se ainda que, um dimensionamento correcto e preciso é indispensável, sendo que, quando o sistema for projectado incorrectamente, poderá se verificar implicações, sendo as mais frequentes a danificação de equipamentos da rede por sobretensão e fluxo de potência acima da capacidade do sistema eléctrico.

Quanto ao projecto do Banco para a SE das oficinas gerais-CFM, o BCA se torna mais viável, pelo número de cargas variáveis e pelo regime de funcionamento das cargas da instalação desbalanceado. Para a execução dos dois projectos, requalificação do banco da SE1.2 e Instalação do banco na 3.5 estima um custo total de **Três Milhões e Cento e Noventa e Cinco Mil e Cento e Setenta e Três e Dez Centavos de Meticais (3.195.173,10 mts)**.

5.2. Recomendações

As recomendações do trabalho estão votadas aos bancos de capacitores da para a empresa CFM, o da SE1.2 e o projectado para SE3.5, dizer que tanto para a reposição do BC da SE1.2 e um novo na SE3.5, um rigor de execução deve ser garantido, de modo a garantir que especificações apresentadas neste trabalho serão seguidas, e ainda, devem trabalhar na execução e exploração pessoal qualificado, familiarizado com o banco de capacitores, na ausência, que sejam capacitados ou contratar pessoal capacitado, pois estes são projectos de elevados impactos nas indústrias, parques industriais e unidades de utilização industrial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1].ABB, 2015, Capacitores e Controladores - Confiabilidade para correção de fator de potência.
- [2].ALEXANDER, Charles K; SADIKU, Mattheu N. O. Fundamentos de circuitos elétricos. 5. ed. São Paulo: Bookman, 2013.
- [3].COTRIM, Ademaro A. M. B. Instalações Elétricas. 5. ed. São Paulo: Pearson, 2008.
- [4].ENGELÉCTRICA, 2016, Correção do Fator de Potência
- [5].FRAGOAS, Alexandre Gracioli. Estudo de Caso do uso de Banco de Capacitores em uma rede de distribuição primária - Indicativos da sua viabilidade econômica. 2008.
- [6].GONÇALVES, Benevaldo P. et al. Avaliação de impactos harmônicos na rede elétrica através dos indicadores THD e fator de potência utilizando lógica fuzzy. Revista Brasileira de Energia, v. 19
- [7].MAMEDE, J. – Sistemas Elétricos Industriais – 5a edição, Rio de Janeiro, LTC – Livros Técnicos e Científicos Ltda, 1997
- [8].MAMADE, J. Instalações Electricas Industrias, 7. Ed, LTC Editoras (Livros Técnicos e Científicos Ltda), 2003
- [9].SCHNEIDER ELECTRIC. Guide for the design and production of LV power factor correction cubicles. [S. I.]: Schneider Electric, 2018.
- [10]. SIEMENS, 2012, Controlador de Fator de Potência BR6000
- [11]. SIEMENS, 2013, Product data sheet 3RT1647-1AP01
- [12]. SIEMENS, 2016, Soluções para Correção do Fator de Potência.
- [13]. SIEMENS, 2018, Correção do fator de potência
- [14]. WEG, 2009, Manual para Correção do Fator de Potência.
- [15]. WEG,2010, Automação Fusíveis D e NH

ANEXOS

Anexo 1

Tabela A1-1a: Contactores WEG para manobra de Capacitores

			CWM25C	CWM32C	CWM50C	CWM65C
Potência reativa para bancos de capacitores AC-6b ($T_{amb}=55^{\circ}\text{C}$)	220 V	(kVar)	10	15	25	30
	380 V	(kVar)	15	25	40	50
	440 V	(kVar)	20	30	45	60
	480 V	(kVar)	22	32	50	65
	660 V	(kVar)	25	40	65	87
Corrente nominal Térmica (Ith) (55°C) (A)			45	60	90	110
Potência reativa para bancos de capacitores AC-6b ($T_{amb}=70^{\circ}\text{C}$)	220 V	(kVar)	5	10	17	20
	380 V	(kVar)	10	17	30	36
	440 V	(kVar)	10	21	35	42
	480 V	(kVar)	12	23	38	45
	660/690 V	(kVar)	16	30	50	62
Fusível Máximo (gL/gG) (A)			50	63	100	125

(Fonte: WEG, 2009 [14])

Tabela A1-1b: Contactores WEG para manobra de Capacitores

			CWM80	CWM95	CWM105	CWM112
Potência reativa para bancos de capacitores AC-6b ($T_{amb}=55^{\circ}\text{C}$)	220/240 V	(kVar)	30	40	45	45
	400 V	(kVar)	50	65	70	75
	415 V	(kVar)	54	70	80	80
	500 V	(kVar)	65	85	90	95
	660/690 V	(kVar)	70	95	105	110
Corrente nominal Térmica (Ith) (55°C) (A)			110	140	140	180
Potência reativa para bancos de capacitores AC-6b ($T_{amb}=70^{\circ}\text{C}$)	220/240 V	(kVar)	22	35	40	40
	400 V	(kVar)	40	58	60	65
	415 V	(kVar)	43	62	64	65
	500 V	(kVar)	52	75	65	80
	660/690 V	(kVar)	50	85	75	90
Fusível Máximo (gL/gG) (A)			125	160	160	200

(Fonte: WEG, 2009 [14])

Tabela A1-1c: Contactores WEG para manobra de Capacitores

			CWM150E	CWM180	CWM250	CWM300E
Potência reativa para bancos de capacitores AC-6b ($T_{amb}=55^{\circ}\text{C}$)	220/240 V	(kVar)	60	70	95	105
	400 V	(kVar)	110	125	165	190
	415 V	(kVar)	118	135	177	205
	500 V	(kVar)	145	162	215	250
	660/690 V	(kVar)	150	170	230	288
Corrente nominal Térmica (Ith) (55°C) (A)			225	225	315	450
Potência reativa para bancos de capacitores AC-6b- ($T_{amb}=70^{\circ}\text{C}$)	220/210 V	(kVar)	18	56	85	95
	400 V	(kVar)	88	100	148	175
	415 V	(kVar)	94	107	160	188
	500 V	(kVar)	116	130	192	230
	660/690 V	(kVar)	120	136	205	265
Fusível Máximo (gL/gG) (A)			250	250	315	450

(Fonte: WEG, 2009 [14])

Anexo 2

Tabela A2-2: Cabos para condução de correntes em banco de Capacitores – Instalação aglomerada

Secção Nominal (mm ²)	Corrente (A)							
	2 Condutores Carregados				3 Condutores Carregados			
	Temperatura Ambiente (°C)				Temperatura Ambiente (°C)			
	30	35	40	45	30	35	40	45
1,0	13,5	12,6	11,75	10,7	12	11,2	10,4	9,5
1,5	17,5	16,3	15,2	13,8	15,5	14,4	13,5	12,2
2,5	24	22,3	20,9	19,0	21	19,5	18,3	16,6
4	32	29,8	27,8	25,3	28	26,0	24,4	22,1
6	41	38,1	35,7	32,4	36	33,5	31,3	28,4
10	57	53,0	49,6	45,0	50	46,5	43,5	39,5
16	76	70,7	66,1	60,0	68	63,2	59,2	53,7
25	101	93,9	87,9	79,8	89	82,8	77,4	70,3
35	125	116,3	108,8	98,8	111	107,7	96,6	87,7
50	151	140,4	131,4	119,3	134	124,6	116,6	105,9
70	192	178,6	167,0	151,7	171	159,0	148,8	135,1
95	232	215,8	201,8	183,3	207	192,5	180,1	163,5
120	269	250,2	234,0	212,5	239	222,3	207,9	188,8
150	309	287,4	268,8	244,1	272	253,0	236,6	214,9
185	353	328,3	307,1	278,9	310	288,3	269,7	244,9
240	415	386	361,1	327,9	364	338,5	316,7	287,6
300	473	439,9	411,5	373,7	419	389,7	364,5	331,0
400	566	526,4	492,4	447,1	502	466,9	436,7	396,6
500	651	605,4	566,4	514,3	578	537,5	502,9	456,6

(Fonte: WEG, 2009 [14])

Anexo 3

Tabela A3-3: Cabos para condução de correntes em banco de capacitores – Instalação livre

Secção Nominal (mm ²)	Corrente (A)							
	2 Condutores Carregados				3 Condutores Carregados			
	Temperatura Ambiente (oC)				Temperatura Ambiente (oC)			
	30	35	40	45	30	35	40	45
1,0	15	14	13	11,9	13,5	12,6	11,7	10,7
1,5	19,5	18,1	17,0	15,4	17,5	16,3	15,2	13,8
2,5	26	24,2	22,6	20,5	24	22,3	20,9	19,0
4	35	32,6	30,5	27,7	32	29,8	27,8	25,3
6	46	42,8	40,0	36,3	41	38,1	35,7	32,4
10	63	58,6	54,8	49,8	57	53,0	49,6	45,0
16	85	79,1	74,0	67,2	76	70,7	66,1	60,0
25	112	104,2	97,4	88,5	101	93,9	87,9	79,8
35	138	128,3	120,1	109,0	125	116,3	108,8	98,8
50	168	156,2	146,2	132,7	151	140,4	131,4	119,3
70	213	198,1	185,3	168,3	192	178,6	167,0	151,7
95	258	239,9	224,5	203,8	232	215,8	201,8	183,3
120	299	278,1	260,1	236,2	269	250,2	234,0	212,5
150	344	319,9	299,3	271,8	309	287,4	268,8	244,1
185	292	364	341,0	309,7	353	328,3	307,1	278,9
240	461	428,7	401,1	364,2	415	386	361,1	327,9
300	526	489,2	457,6	415,5	473	439,9	411,5	373,7
400	631	576,8	549,0	498,5	566	526,4	492,4	447,1
500	725	674,3	630,8	572,8	651	605,4	566,4	514,3

Anexo 4

Tabela A4-4: Fator multiplicador (F)

FP Atual	Fator de Potência Desejado																				
	0.80	0.81	0.82	0.83	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	1.00
0.50	0.982	1.008	1.034	1.060	1.086	1.112	1.139	1.165	1.192	1.220	1.248	1.276	1.306	1.337	1.369	1.403	1.440	1.481	1.529	1.589	1.732
0.51	0.937	0.962	0.989	1.015	1.041	1.067	1.094	1.120	1.147	1.175	1.203	1.231	1.261	1.292	1.324	1.358	1.395	1.436	1.484	1.544	1.687
0.52	0.893	0.919	0.945	0.971	0.997	1.023	1.050	1.076	1.103	1.131	1.159	1.187	1.217	1.248	1.280	1.314	1.351	1.392	1.440	1.500	1.643
0.53	0.850	0.876	0.902	0.928	0.954	0.980	1.007	1.033	1.060	1.088	1.116	1.144	1.174	1.205	1.237	1.271	1.308	1.349	1.397	1.457	1.600
0.54	0.809	0.835	0.861	0.887	0.913	0.939	0.966	0.992	1.019	1.047	1.075	1.103	1.133	1.164	1.196	1.230	1.267	1.308	1.356	1.416	1.559
0.55	0.769	0.795	0.821	0.847	0.873	0.899	0.926	0.952	0.979	1.007	1.035	1.063	1.093	1.124	1.156	1.190	1.227	1.268	1.316	1.376	1.519
0.56	0.730	0.756	0.782	0.808	0.834	0.860	0.887	0.913	0.940	0.968	0.996	1.024	1.054	1.085	1.117	1.151	1.188	1.229	1.277	1.337	1.480
0.57	0.692	0.718	0.744	0.770	0.796	0.822	0.849	0.875	0.902	0.930	0.958	0.986	1.016	1.047	1.079	1.113	1.150	1.191	1.239	1.299	1.442
0.58	0.655	0.681	0.707	0.733	0.759	0.785	0.812	0.838	0.865	0.893	0.921	0.949	0.979	1.010	1.042	1.076	1.113	1.154	1.202	1.262	1.405
0.59	0.619	0.645	0.671	0.697	0.723	0.749	0.776	0.802	0.829	0.857	0.885	0.913	0.943	0.974	1.006	1.040	1.077	1.118	1.166	1.226	1.369
0.60	0.583	0.609	0.635	0.661	0.687	0.713	0.740	0.766	0.793	0.821	0.849	0.877	0.907	0.938	0.970	1.004	1.041	1.082	1.130	1.190	1.333
0.61	0.549	0.575	0.601	0.624	0.653	0.679	0.706	0.732	0.759	0.787	0.815	0.843	0.873	0.904	0.936	0.970	1.007	1.048	1.096	1.156	1.299
0.62	0.516	0.542	0.568	0.594	0.620	0.646	0.673	0.699	0.726	0.754	0.782	0.810	0.840	0.871	0.903	0.937	0.974	1.015	1.063	1.123	1.266
0.63	0.483	0.509	0.535	0.561	0.587	0.613	0.640	0.666	0.693	0.720	0.749	0.777	0.807	0.838	0.870	0.904	0.941	0.982	1.030	1.090	1.233
0.64	0.451	0.474	0.503	0.529	0.555	0.581	0.608	0.634	0.661	0.689	0.717	0.745	0.775	0.806	0.838	0.872	0.909	0.950	0.998	1.068	1.201
0.65	0.419	0.445	0.471	0.497	0.523	0.549	0.576	0.602	0.629	0.657	0.685	0.713	0.743	0.774	0.806	0.840	0.877	0.918	0.966	1.026	1.169
0.66	0.388	0.414	0.440	0.466	0.492	0.518	0.545	0.571	0.598	0.626	0.654	0.682	0.712	0.743	0.775	0.809	0.846	0.887	0.935	0.995	1.138
0.67	0.358	0.384	0.410	0.436	0.462	0.488	0.515	0.541	0.568	0.596	0.624	0.652	0.682	0.713	0.745	0.779	0.816	0.857	0.905	0.965	1.108
0.68	0.328	0.354	0.380	0.406	0.432	0.458	0.485	0.511	0.538	0.566	0.594	0.622	0.652	0.683	0.715	0.749	0.786	0.827	0.875	0.935	1.049
0.69	0.299	0.325	0.351	0.377	0.403	0.429	0.456	0.482	0.509	0.537	0.565	0.593	0.623	0.654	0.686	0.720	0.757	0.798	0.846	0.906	1.049
0.70	0.270	0.296	0.322	0.348	0.374	0.400	0.427	0.453	0.480	0.508	0.536	0.564	0.594	0.625	0.657	0.691	0.728	0.769	0.817	0.877	1.020
0.71	0.242	0.268	0.294	0.320	0.346	0.372	0.399	0.425	0.452	0.480	0.508	0.536	0.566	0.597	0.629	0.663	0.700	0.741	0.789	0.849	0.992
0.72	0.214	0.240	0.266	0.292	0.318	0.344	0.371	0.397	0.424	0.452	0.480	0.508	0.538	0.569	0.601	0.635	0.672	0.713	0.761	0.821	0.964
0.73	0.186	0.212	0.238	0.264	0.290	0.316	0.343	0.369	0.396	0.424	0.452	0.480	0.510	0.541	0.573	0.607	0.644	0.685	0.733	0.793	0.936
0.74	0.159	0.185	0.211	0.237	0.263	0.289	0.316	0.342	0.369	0.397	0.425	0.453	0.483	0.514	0.546	0.580	0.617	0.658	0.706	0.766	0.909
0.75	0.132	0.158	0.184	0.210	0.236	0.262	0.289	0.315	0.342	0.370	0.398	0.426	0.456	0.487	0.519	0.553	0.590	0.631	0.679	0.739	0.882
0.76	0.105	0.131	0.157	0.183	0.209	0.235	0.262	0.288	0.315	0.343	0.371	0.399	0.429	0.460	0.492	0.526	0.563	0.604	0.652	0.712	0.855
0.77	0.079	0.105	0.131	0.157	0.183	0.209	0.236	0.262	0.289	0.317	0.345	0.373	0.403	0.434	0.466	0.500	0.537	0.578	0.626	0.685	0.829
0.78	0.052	0.078	0.104	0.130	0.156	0.182	0.209	0.235	0.262	0.290	0.318	0.346	0.376	0.407	0.439	0.473	0.510	0.551	0.599	0.659	0.802
0.79	0.026	0.052	0.078	0.104	0.130	0.156	0.183	0.209	0.236	0.264	0.292	0.320	0.350	0.381	0.413	0.447	0.484	0.525	0.573	0.633	0.776
0.80		0.026	0.052	0.078	0.104	0.130	0.157	0.183	0.210	0.238	0.266	0.294	0.324	0.355	0.387	0.421	0.458	0.499	0.547	0.609	0.750
0.81			0.026	0.052	0.078	0.104	0.131	0.157	0.184	0.212	0.240	0.268	0.298	0.329	0.361	0.395	0.432	0.473	0.521	0.581	0.724
0.82				0.026	0.052	0.078	0.105	0.131	0.158	0.186	0.214	0.242	0.272	0.303	0.335	0.369	0.406	0.447	0.495	0.555	0.698
0.83					0.052	0.079	0.105	0.132	0.160	0.188	0.216	0.246	0.277	0.309	0.343	0.380	0.421	0.469	0.529	0.592	0.735
0.84						0.026	0.053	0.079	0.106	0.134	0.162	0.190	0.220	0.251	0.283	0.317	0.354	0.395	0.443	0.503	0.646
0.85							0.027	0.053	0.080	0.108	0.136	0.164	0.194	0.225	0.257	0.291	0.328	0.369	0.417	0.477	0.620
0.86								0.026	0.053	0.081	0.109	0.137	0.167	0.198	0.230	0.264	0.301	0.342	0.390	0.450	0.593
0.87									0.027	0.055	0.083	0.111	0.141	0.173	0.204	0.238	0.275	0.316	0.364	0.424	0.567
0.88										0.028	0.056	0.084	0.114	0.145	0.177	0.211	0.248	0.289	0.337	0.397	0.540
0.89											0.028	0.056	0.086	0.117	0.149	0.183	0.220	0.261	0.309	0.369	0.512
0.90												0.028	0.058	0.089	0.121	0.155	0.192	0.233	0.281	0.341	0.484
0.91													0.030	0.061	0.093	0.127	0.164	0.205	0.253	0.313	0.456
0.92														0.031	0.063	0.097	0.134	0.175	0.223	0.283	0.426
0.93															0.032	0.066	0.103	0.144	0.192	0.252	0.395
0.94																0.034	0.071	0.112	0.160	0.221	0.363
0.95																	0.037	0.079	0.126	0.186	0.329
0.96																		0.041	0.089	0.149	0.292
0.97																			0.048	0.108	0.251
0.98																				0.060	0.203
0.99																					0.143

(Fonte: WEG, 2009 [14])

Anexo 5

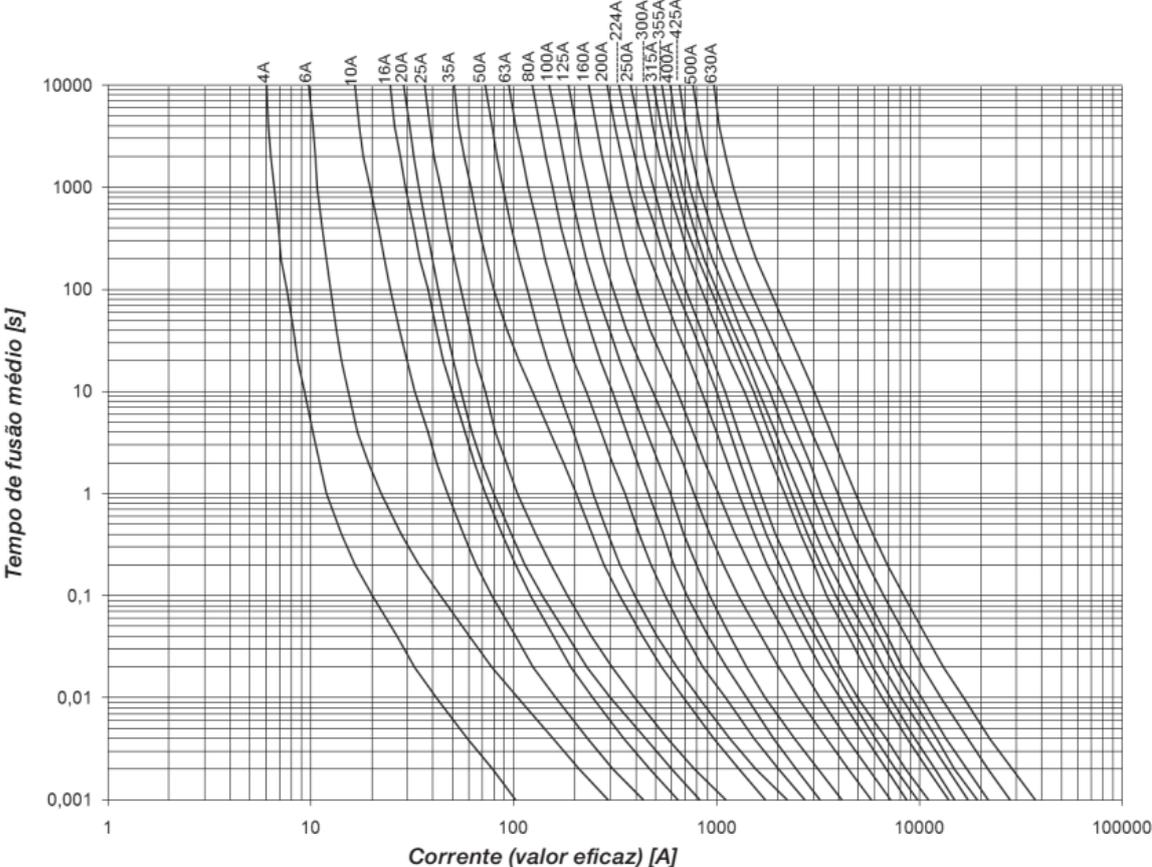
Tabela A5-5: Factor multiplicador para potência de compensação

Cálculo prático que determina a potência dos capacitores para um fator de potência desejado (corrigido)		Dados básicos:		<ul style="list-style-type: none"> • Potência da instalação (kVA) • Fator de potência atual • Fator de potência desejado 									
Na tabela busque o fator de potência atual e cruze com o fator de potência desejado obtendo o fator que multiplicado pela potência da instalação (kVA) determina a potência dos capacitores (kvar) (escolha os capacitores a seguir)		Cálculo prático:		<ul style="list-style-type: none"> • Potência da instalação 500 kVA • Fator de potência atual 0,86 • Fator de potência desejado 0,94 • Cálculo – 500 x 0,230 • Potência dos capacitores 115 kvar 									
Fator de potência atual	Fator de potência desejado												
	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97
0,50	1,112	1,139	1,165	1,192	1,220	1,248	1,276	1,306	1,337	1,369	1,403	1,440	1,481
0,52	1,023	1,049	1,076	1,103	1,130	1,158	1,187	1,217	1,247	1,280	1,314	1,351	1,392
0,54	0,939	0,965	0,992	1,019	1,046	1,074	1,103	1,133	1,163	1,196	1,230	1,267	1,308
0,56	0,860	0,886	0,913	0,940	0,967	0,995	1,024	1,053	1,084	1,116	1,151	1,188	1,229
0,58	0,785	0,811	0,838	0,865	0,892	0,920	0,949	0,979	1,009	1,042	1,076	1,113	1,154
0,60	0,714	0,740	0,767	0,794	0,821	0,849	0,878	0,907	0,938	0,970	1,005	1,042	1,083
0,62	0,646	0,672	0,699	0,726	0,753	0,781	0,810	0,839	0,870	0,903	0,937	0,974	1,015
0,64	0,581	0,607	0,634	0,661	0,688	0,716	0,745	0,775	0,805	0,838	0,872	0,909	0,950
0,66	0,519	0,545	0,572	0,599	0,626	0,654	0,683	0,712	0,743	0,775	0,810	0,847	0,888
0,68	0,459	0,485	0,512	0,539	0,566	0,594	0,623	0,652	0,683	0,715	0,750	0,787	0,828
0,70	0,400	0,427	0,453	0,480	0,508	0,536	0,565	0,594	0,625	0,657	0,692	0,729	0,770
0,72	0,344	0,370	0,397	0,424	0,452	0,480	0,508	0,538	0,569	0,601	0,635	0,672	0,713
0,74	0,289	0,316	0,342	0,369	0,397	0,425	0,453	0,483	0,514	0,546	0,580	0,617	0,658
0,76	0,235	0,262	0,288	0,315	0,343	0,371	0,400	0,429	0,460	0,492	0,526	0,563	0,605
0,78	0,183	0,209	0,236	0,263	0,290	0,318	0,347	0,376	0,407	0,439	0,474	0,511	0,552
0,80	0,130	0,157	0,183	0,210	0,238	0,266	0,294	0,324	0,355	0,387	0,421	0,458	0,499
0,82	0,078	0,105	0,131	0,158	0,186	0,214	0,242	0,272	0,303	0,335	0,369	0,406	0,447
0,84	0,026	0,053	0,079	0,106	0,134	0,162	0,190	0,220	0,251	0,283	0,317	0,354	0,395
0,86			0,027	0,054	0,081	0,109	0,138	0,167	0,198	0,230	0,265	0,302	0,343
0,88					0,027	0,055	0,084	0,114	0,145	0,177	0,211	0,248	0,289
0,90							0,029	0,058	0,089	0,121	0,156	0,193	0,234
0,92									0,031	0,063	0,097	0,134	0,175

(Fonte: SIEMENS, 2018 [13])

Anexo 6

Gráfico A6-6: Curvas Tempo – Corrente de fusível NH retardado gL-gG



(Fonte: WEG,2010 [15])

Anexo 7

Tabela A7-7: Escolha de Fusível NH - Retardado - gL/gG

	REFERÊNCIA	TAMANHO	CORRENTE (A)	CÓDIGO
	FNH000-4U	000	4	10891504
	FNH000-6U	000	6	10891107
	FNH000-10U	000	10	10890978
	FNH000-16U	000	16	10890945
	FNH000-20U	000	20	10889723
	FNH000-25U	000	25	10889565
	FNH000-35U	000	35	10889349
	FNH000-50U	000	50	10888901
	FNH000-63U	000	63	10888698
	FNH000-80U	000	80	10887824
	FNH00-4U	00	4	10185934
	FNH00-6U	00	6	10045369
	FNH00-10U	00	10	10409880
	FNH00-16U	00	16	10409881
	FNH00-20U	00	20	10409882
	FNH00-25U	00	25	10409883
	FNH00-35U	00	35	10409884
	FNH00-50U	00	50	10409885
	FNH00-63U	00	63	10409886
	FNH00-80U	00	80	10409887
	FNH1-50U	1	50	10045371
	FNH1-63U	1	63	10185935
	FNH1-80U	1	80	10409890
	FNH1-100U	1	100	10409891
	FNH1-125U	1	125	10185936
	FNH1-160U	1	160	10409892
	FNH1-200U	1	200	10409893
	FNH1-224U	1	224	10409894
	FNH1-250U	1	250	10045372
		FNH2-125U	2	125
FNH2-160U		2	160	10409895
FNH2-200U		2	200	10045374
FNH2-224U		2	224	10045375
FNH2-250U		2	250	10409896
FNH2-300U		2	300	10409897
FNH2-315U		2	315	10185937
FNH2-355U		2	355	10409898
	FNH3-400U	2	400	10045376
	FNH3-315U	3	315	10409899
	FNH3-355U	3	355	10409900
	FNH3-400U	3	400	10409901
	FNH3-425U	3	425	10409902
	FNH3-500U	3	500	10409903
	FNH3-630U	3	630	10045377

(Fonte: WEG, 2010 [15])

Anexo 8

Tabela A8-8a: Acessório para fusíveis aR/gL-gG (Base de Fixação)

Base fixação fusível NH (aR ou gL/gG)



REFERÊNCIA	TAMANHO DO FUSIVEL	CORRENTE (A)	CÓDIGO
BNH1-250	000 e 00	50-400	10409905
BNH2-400	2	125-710	10185938
BNH3-630	3	315-1000	10185939

(Fonte: WEG, 2010 [15])

Tabela A8-8b: Acessório para fusíveis aR/gL-gG (Punho)

Punho saca fusível NH (qualquer tamanho)



REFERÊNCIA	CÓDIGO
PSFNH	10185944

(Fonte: WEG, 2010 [15])

Tabela A8-8c: Acessório para fusíveis aR/gL-gG (Punho)

Punho saca fusível NH (qualquer tamanho)

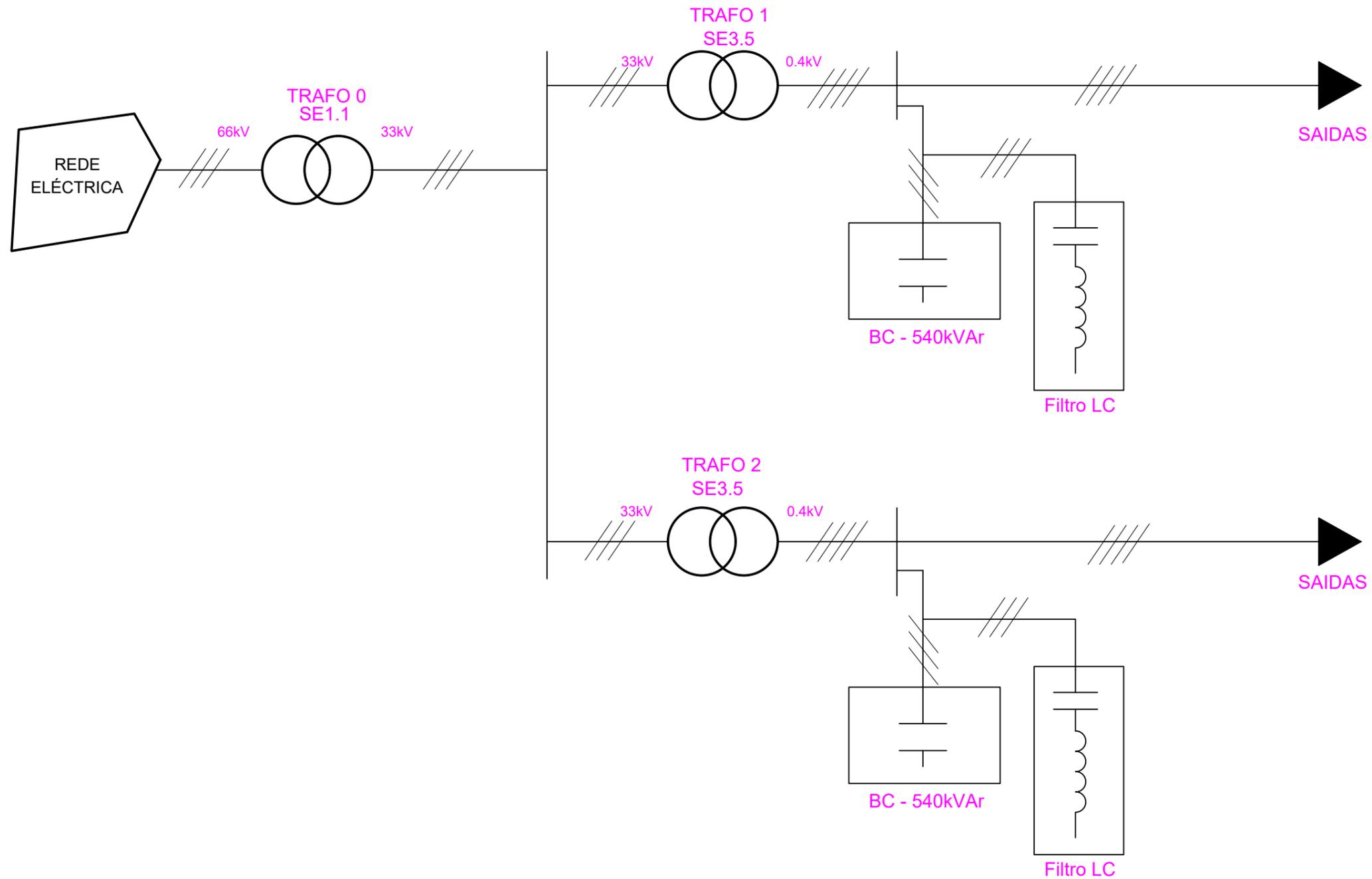


REFERÊNCIA	TAMANHO	CODIGO
PDNH00	00	10185940
PDNH1	1	10185941
PDNH2	2	10185942
PDNH3	3	10185943

(Fonte: WEG, 2010 [15])

Anexo 9

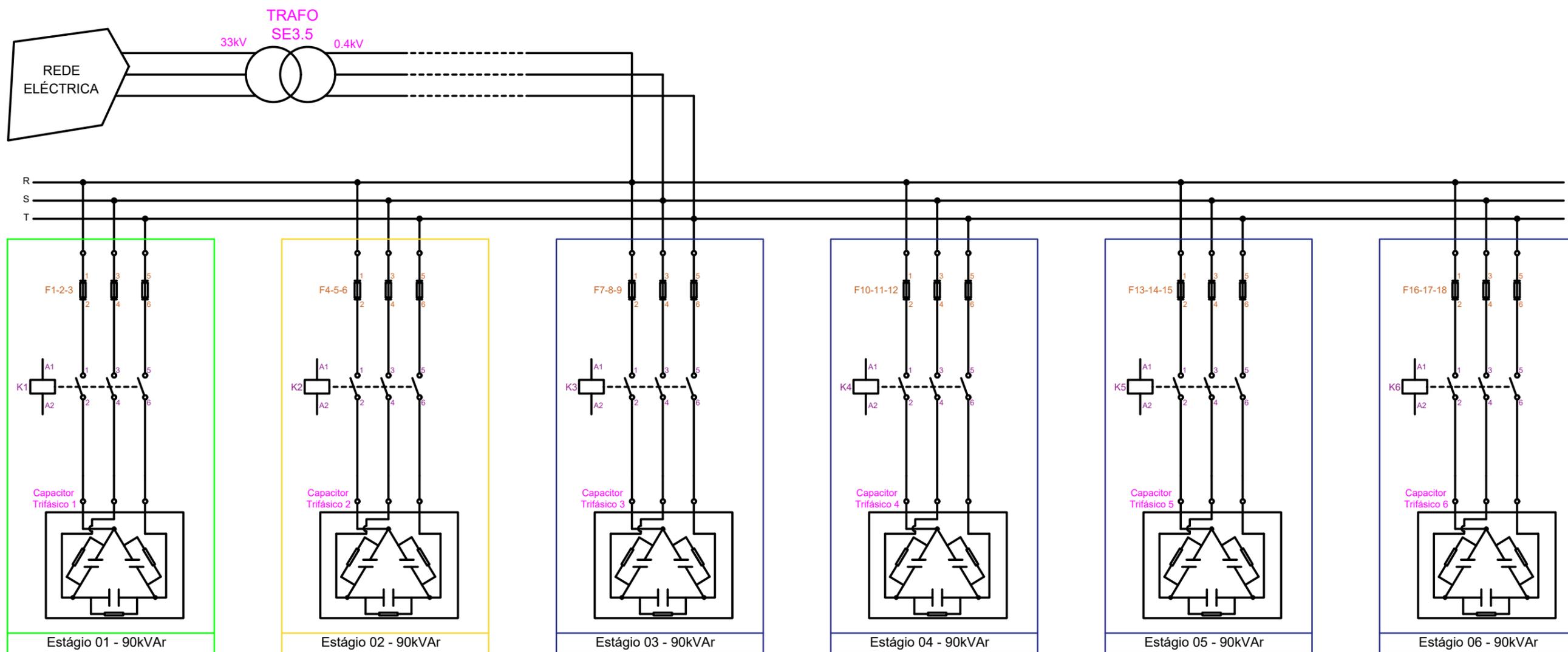
Figura A9-9: Ligação do Banco e Filtro de Harmónicos



			Título: ESQUEMA 01: DE LIGAÇÃO DO BANCO E FILTRO DE HARMONICAS
	Data	Nome	
Desenhou	05.07.2021	SERILO, Felner Adelino	UEM - FENG TL/2021
Verificou			

Anexo 10

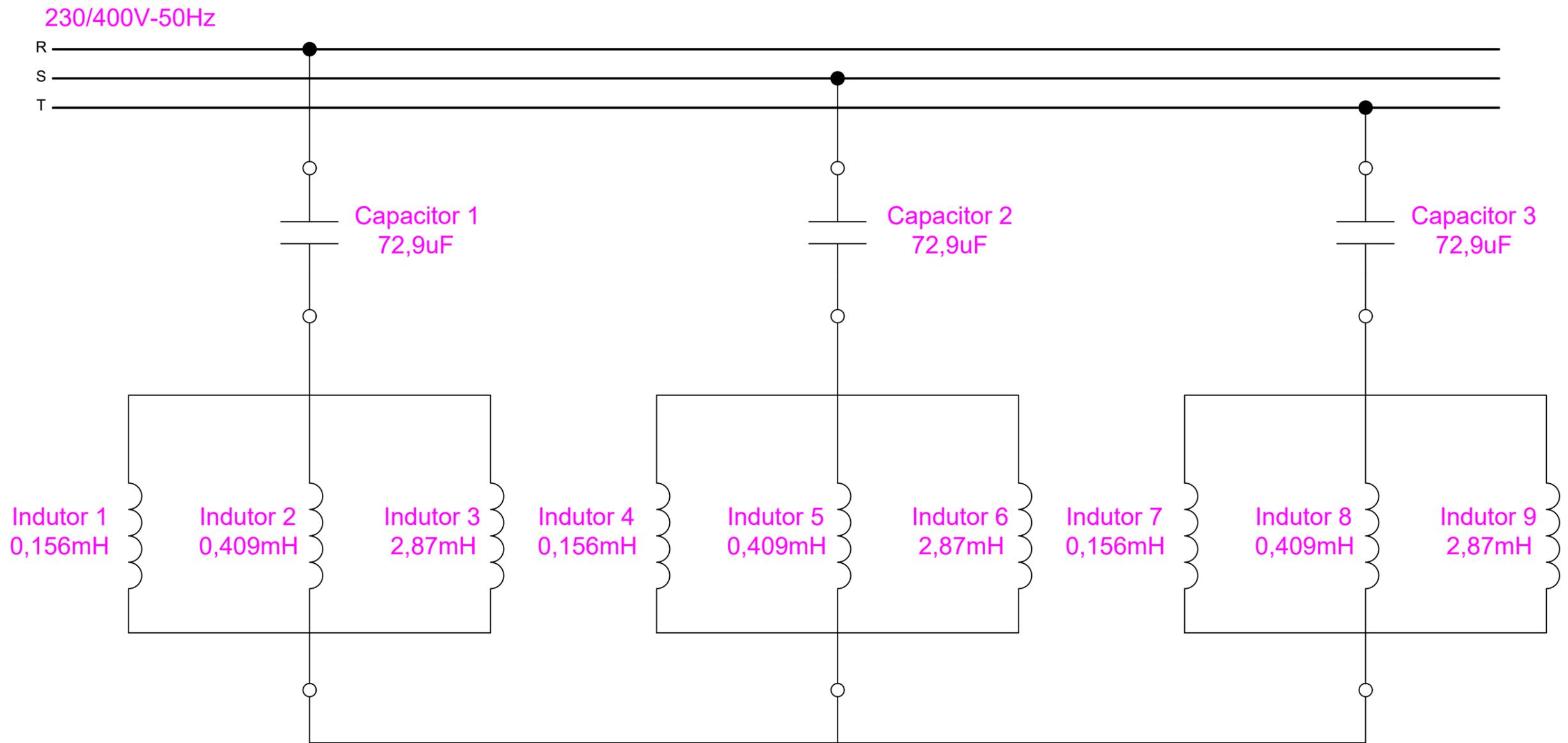
Figura 10-10: Ligação do Banco de Capacitores



			Título: ESQUEMA 02: LIGAÇÃO DO BANCO DE CAPACITORES
	Data	Nome	
Desenhou	05.07.2021	SERILO, Felner Adelino	UEM - FENG TL/2021
Verificou			

Anexo 11

Figura 11-11: Filtros Passivos de Harmônicas

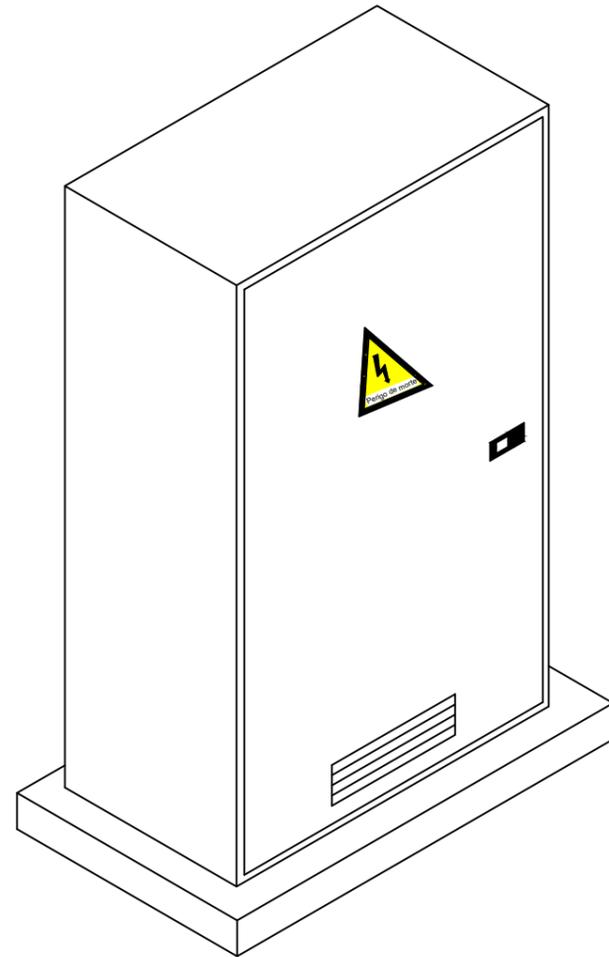


			Título: ESQUEMA 03: FILTRO PASSIVO DE HARMÔNICAS
	Data	Nome	
Desenhou	05.07.2021	SERILO, Felner Adelino	UEM - FENG TL/2021
Verificou			

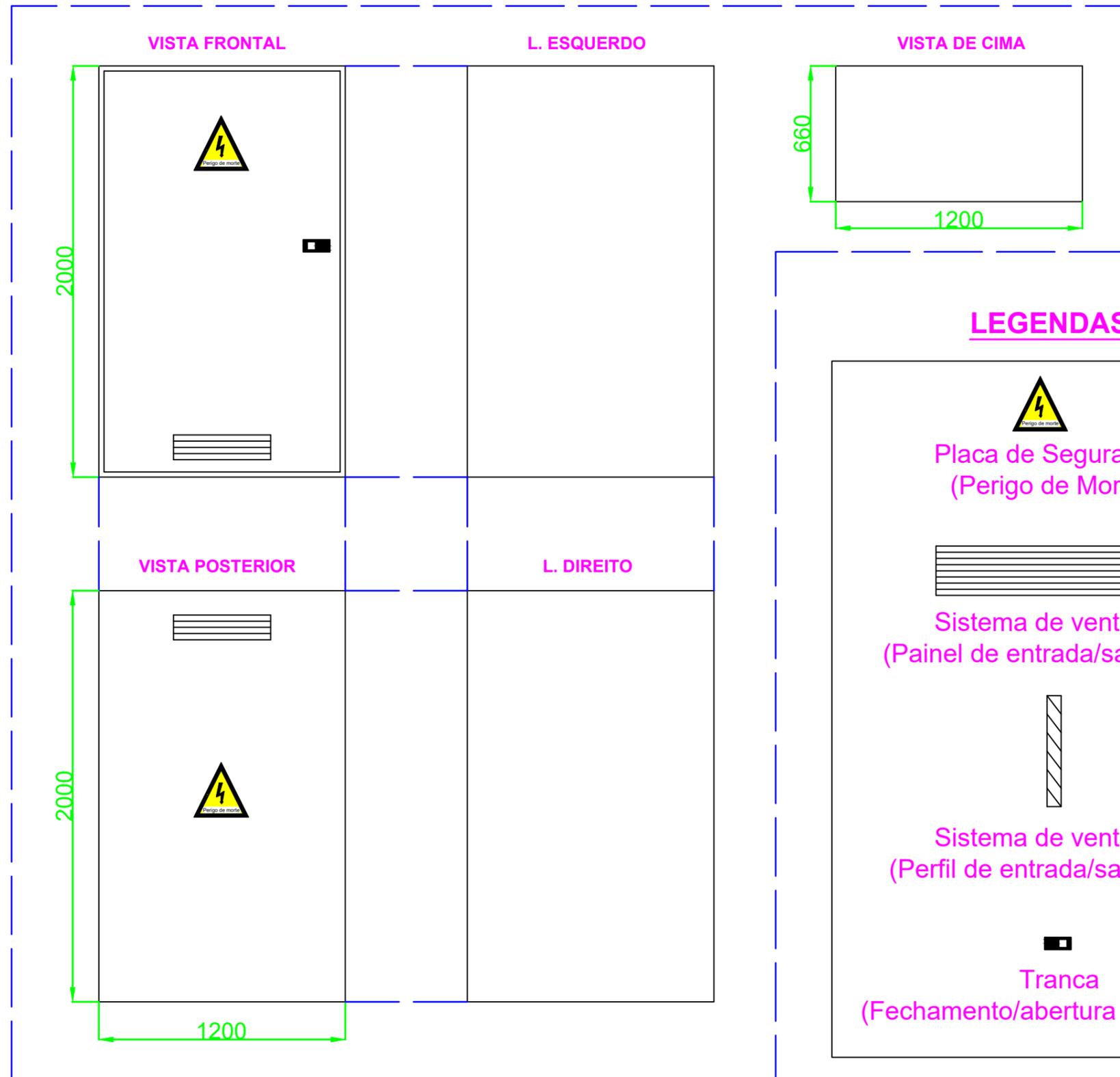
Anexo 12

Figura 12-12: Painel Auto-portante

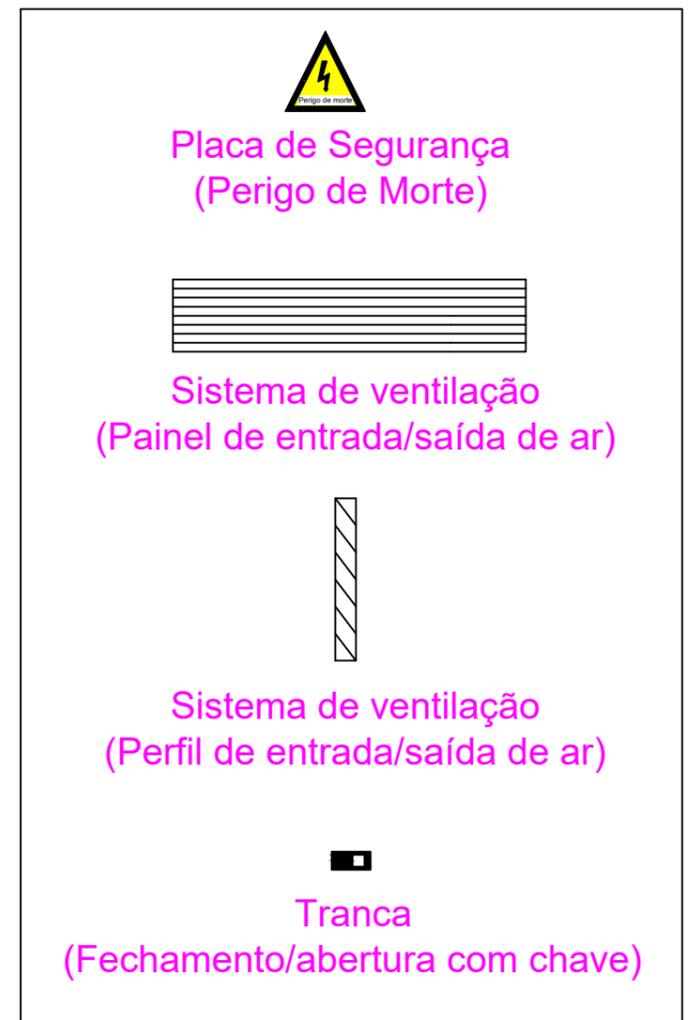
**PAINEL
AUTO-PORTANTE**



VISTAS:



LEGENDAS:



			Título:
			ESQUEMA 04: PAINEL AUTO - PORTANTE
	Data	Nome	
Desenhou	05.07.2021	SERILO, Felner Adelino	
Verificou			
			UEM - FENG TL/2021

Anexo 13

Tabela A13-13a: Actas de encontros

Tabela A13-13b: Actas de encontro - Continuação



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA
ENGENHARIA ELÉCTRICA

ACTA DE ENCONTROS

Referência do Tema:	2021ELTLD04
---------------------	-------------

1. Agenda

1. Apresentação do tema e objectivos e coordenação de modo de trabalhar durante a realização do trabalho.
2. Apresentação do desenvolvimento e da organização do Relatório de Trabalho de Licenciatura.
3. Apresentação do texto, esquemas corrigidos e organização final.

2. Presenças

Supervisor	<i>Diw Albu Chmano</i>
Estudante	<i>Seelw. Folner Adriano</i>

3. Resumo do encontro

1. O supervisor verificou e buscou a entender o trabalho que se pretendia realizar, deu sugestões, alterações e melhoramento do tema.
2. O supervisor verificou o desenvolvimento do trabalho, onde identificou erros ortográficos, textos desnecessários, erros de formatação de texto, figuras e tabelas, ainda deu sugestões e contribuições.
3. Foi verificado as alterações recomendadas no encontro 2, e reavaliação do relatório final.

4. Recomendações

Foi dito para tornar o caso de estudo mais específico, abordar de forma mais breve possível, pontos que poderiam ser resumidos, e melhorar o tema.

Foi dito para prestar muita atenção, aos erros ortográficos, erros de digitação, formatação de tabelas e justificar com clareza certos aspectos científicos.

Foi dito para ler mais vezes o trabalho com propósito de encontrar possíveis erros não identificados.

5. Observações

Os encontros foram bastantes produtivos e de grande importância.

Anexo 14

Tabela 14-14a: Relatório de Progresso

Tabela 14-14b: Relatório de Progresso-continuação



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA
ENGENHARIA ELÉCTRICA

RELATÓRIO DE PROGRESSO

Referência do Tema:	2021ELTLD04
---------------------	-------------

1. Actividades planificadas

Actividade	Prazo Previsto
1. Elaboração de termo de atribuição de tema e coordenação com o Supervisor da forma de trabalho a adoptar.	2 Semanas
2. Desenvolvimento do Capítulo 1 (Apresentação geral do trabalho e seus objectivos e do Capítulo 2 (Fundamentação da teoria que sustentará o trabalho).	2 Semanas
3. Desenvolvimento de restantes partes do corpo do trabalho, Capítulo 3 (Elaboração de modelo de cálculo de Banco de capacitor), Capítulo 4 (Elaboração de plano para reposição de Banco de capacitor de CFM-Sul), e abordagens finais.	4 Semanas
4. Desenho de esquemas e componentes de maior relevância no Programa AutoCad.	2 semanas
5. Aprovação final do trabalho pelo Supervisor e submissão a Comissão Científica.	2 Semana

2. Controle de Execução

Activ.	Data	Estágio (%)	Observações	Rúbrica
1	13.05.21	100		
	20.05.21	100		
2	28.05.21	100		
	03.06.21	100		

3	18.06.21	100		
	02.07.21	100		
	16.07.21	100		
	30.07.21	100		
4	06.08.21	100		
	13.08.21	100		
5	13.08.21	100		
	01.08.21	100		

**3. INDICAÇÃO TENTATIVA DA
CONCLUSÃO DO TL (ao 4º encontro)**

Na data: 01.08.21



FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA
F1 - GUIA DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ESCRITO

Nome do estudante: SERILO, Felner Adelino

Referência do tema: 2021ELTLD04.

Data: ___/___/2021

Título do tema: Estudo de Técnicas de Compensação de Energia Reactiva Para Correção de Factor de Potência em Zonas Industriais Por Meio de Banco de Capacitores e Elaboração de Plano de Reposição de Banco de Capacitor da SE1.2 de 250kVAr/440V/50Hz da Empresa CFM – Sul.

1. Resumo					
1.1. Apresentação dos pontos chaves no resumo (clareza, organização, correlação com o apresentado)	1	2	3	4	5
Secção 1 subtotal (max: 5)					

2. Organização (estrutura) e explanação										
2.1. Objectivos	1	2	3	4	5					
2.2. Introdução, antecedentes e pesquisa bibliográfica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.3. Metodologias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.4. Resultados, sua análise e discussão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.5. Conclusões e aplicação dos resultados (recomendações)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Secção 2 subtotal (max: 45)										

3. Argumentação										
3.1. Criatividade e originalidade	1	2	3	4	5					
3.2. Rigor	1	2	3	4	5					
3.3. Análise crítica, evidência e lógica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3.4. Relação objectivos/ métodos/ resultados/conclusões	1	2	3	4	5					
3.5. Relevância	1	2	3	4	5					
Secção 3 subtotal (max: 30)										

4. Apresentação e estilo da escrita					
4.1. Legibilidade e organização	1	2	3	4	5
4.2. Ilustração e qualidade das figuras e tabelas	1	2	3	4	5
4.3. Estilo da escrita (fluência do texto, uso da língua e gramática)	1	2	3	4	5
4.4. Fontes bibliográficas (citação correcta, referências, etc)	1	2	3	4	5
Secção 4 subtotal (max: 20)					

Total de pontos (max: 100)

Nota (=Total*0,2)

Nota: Quando exista a componente gráfica (desenhos técnicos), a nota acima é multiplicada por 0,8 cabendo os restantes 20% do peso à referida parte gráfica.

O supervisor

Maputo, ___ de _____ de 2021



FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA
F1 - GUIA DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ESCRITO

Nome do estudante: SERILO, Felner Adelino

Referência do tema: 2021ELTLD04.

Data: ___/___/2021

Título do tema: Estudo de Técnicas de Compensação de Energia Reactiva Para Correção de Factor de Potência em Zonas Industriais Por Meio de Banco de Capacitores e Elaboração de Plano de Reposição de Banco de Capacitor da SE1.2 de 250kVAr/440V/50Hz da Empresa CFM – Sul.

1. Resumo					
1.1. Apresentação dos pontos chaves no resumo (clareza, organização, correlação com o apresentado)	1	2	3	4	5
Secção 1 subtotal (max: 5)					

2. Organização (estrutura) e explanação										
2.1. Objectivos	1	2	3	4	5					
2.2. Introdução, antecedentes e pesquisa bibliográfica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.3. Metodologias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.4. Resultados, sua análise e discussão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.5. Conclusões e aplicação dos resultados (recomendações)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Secção 2 subtotal (max: 45)										

3. Argumentação										
3.1. Criatividade e originalidade	1	2	3	4	5					
3.2. Rigor	1	2	3	4	5					
3.3. Análise crítica, evidência e lógica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3.4. Relação objectivos/ métodos/ resultados/conclusões	1	2	3	4	5					
3.5. Relevância	1	2	3	4	5					
Secção 3 subtotal (max: 30)										

4. Apresentação e estilo da escrita					
4.1. Legibilidade e organização	1	2	3	4	5
4.2. Ilustração e qualidade das figuras e tabelas	1	2	3	4	5
4.3. Estilo da escrita (fluência do texto, uso da língua e gramática)	1	2	3	4	5
4.4. Fontes bibliográficas (citação correcta, referências, etc)	1	2	3	4	5
Secção 4 subtotal (max: 20)					

Total de pontos (max: 100)

Nota (=Total*0,2)

Nota: Quando exista a componente gráfica (desenhos técnicos), a nota acima é multiplicada por 0,8 cabendo os restantes 20% do peso à referida parte gráfica.

O supervisor

Maputo, ___ de _____ de 2021



FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA
F1 - GUIA DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ESCRITO

Nome do estudante: SERILO, Felner Adelino

Referência do tema: 2021ELTLD04.

Data: ___/___/2021

Título do tema: Estudo de Técnicas de Compensação de Energia Reactiva Para Correção de Factor de Potência em Zonas Industriais Por Meio de Banco de Capacitores e Elaboração de Plano de Reposição de Banco de Capacitor da SE1.2 de 250kVAr/440V/50Hz da Empresa CFM – Sul.

1. Resumo					
1.1. Apresentação dos pontos chaves no resumo (clareza, organização, correlação com o apresentado)	1	2	3	4	5
Secção 1 subtotal (max: 5)					

2. Organização (estrutura) e explanação										
2.1. Objectivos	1	2	3	4	5					
2.2. Introdução, antecedentes e pesquisa bibliográfica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.3. Metodologias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.4. Resultados, sua análise e discussão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.5. Conclusões e aplicação dos resultados (recomendações)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Secção 2 subtotal (max: 45)										

3. Argumentação										
3.1. Criatividade e originalidade	1	2	3	4	5					
3.2. Rigor	1	2	3	4	5					
3.3. Análise crítica, evidência e lógica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3.4. Relação objectivos/ métodos/ resultados/conclusões	1	2	3	4	5					
3.5. Relevância	1	2	3	4	5					
Secção 3 subtotal (max: 30)										

4. Apresentação e estilo da escrita					
4.1. Legibilidade e organização	1	2	3	4	5
4.2. Ilustração e qualidade das figuras e tabelas	1	2	3	4	5
4.3. Estilo da escrita (fluência do texto, uso da língua e gramática)	1	2	3	4	5
4.4. Fontes bibliográficas (citação correcta, referências, etc)	1	2	3	4	5
Secção 4 subtotal (max: 20)					

Total de pontos (max: 100)

Nota (=Total*0,2)

Nota: Quando exista a componente gráfica (desenhos técnicos), a nota acima é multiplicada por 0,8 cabendo os restantes 20% do peso à referida parte gráfica.

O supervisor

Maputo, ___ de _____ de 2021



FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

F2 – GUIA DE AVALIAÇÃO DA APRESENTAÇÃO ORAL E DEFESA

Nome do estudante: SERILO, Felner Adelinho

Referência do tema: 2021ELTLD04.

Data: ___/___/2021

Título do tema: Estudo de Técnicas de Compensação de Energia Reactiva Para Correção de Factor de Potência em Zonas Industriais Por Meio de Banco de Capacitores e Elaboração de Plano de Reposição de Banco de Capacitor da SE1.2 de 250kVAr/440V/50Hz da Empresa CFM – Sul.

1. Introdução										
1.1. Apresentação dos pontos chaves na introdução (Contexto e importância do trabalho)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Secção 1 subtotal (max: 10)										

2. Organização e explanação										
2.1. Objectivos	1	2	3							
2.3. Metodologia	1	2	3	4						
2.4. Resultados, sua análise e discussão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.5. Conclusões e aplicação dos resultados (recomendações)	1	2	3	4	5	6	7	8		
Secção 2 subtotal (max: 25)										

3. Estilo da apresentação										
3. 1. Uso efectivo do tempo	1	2	3	4	5					
3.2. Clareza, tom, vivacidade e entusiasmo	1	2	3	4	5					
3.3. Uso e qualidade dos audiovisuais	1	2	3	4	5					
Secção 3 subtotal (max: 15)										

4. Defesa										
4.1. Exactidão nas respostas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.2. Domínio dos conceitos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.3. Confiança e domínio do trabalho realizado	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.4. Domínio do significado e aplicação dos resultados	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.5. Segurança nas intervenções	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Secção 3 subtotal (max: 50)										

Total de pontos (max: 100)		Nota (=Total*0,2)	
-----------------------------------	--	--------------------------	--



FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

F2 – GUIA DE AVALIAÇÃO DA APRESENTAÇÃO ORAL E DEFESA

Nome do estudante: SERILO, Felner Adelinho

Referência do tema: 2021ELTLD04.

Data: ___/___/2021

Título do tema: Estudo de Técnicas de Compensação de Energia Reactiva Para Correção de Factor de Potência em Zonas Industriais Por Meio de Banco de Capacitores e Elaboração de Plano de Reposição de Banco de Capacitor da SE1.2 de 250kVAr/440V/50Hz da Empresa CFM – Sul.

1. Introdução										
1.1. Apresentação dos pontos chaves na introdução (Contexto e importância do trabalho)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Secção 1 subtotal (max: 10)										

2. Organização e explanação										
2.1. Objectivos	1	2	3							
2.3. Metodologia	1	2	3	4						
2.4. Resultados, sua análise e discussão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.5. Conclusões e aplicação dos resultados (recomendações)	1	2	3	4	5	6	7	8		
Secção 2 subtotal (max: 25)										

3. Estilo da apresentação										
3. 1. Uso efectivo do tempo	1	2	3	4	5					
3.2. Clareza, tom, vivacidade e entusiasmo	1	2	3	4	5					
3.3. Uso e qualidade dos audiovisuais	1	2	3	4	5					
Secção 3 subtotal (max: 15)										

4. Defesa										
4.1. Exactidão nas respostas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.2. Domínio dos conceitos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.3. Confiança e domínio do trabalho realizado	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.4. Domínio do significado e aplicação dos resultados	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.5. Segurança nas intervenções	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Secção 3 subtotal (max: 50)										

Total de pontos (max: 100)		Nota (=Total*0,2)	
-----------------------------------	--	--------------------------	--



FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

F2 – GUIA DE AVALIAÇÃO DA APRESENTAÇÃO ORAL E DEFESA

Nome do estudante: SERILO, Felner Adelinho

Referência do tema: 2021ELTLD04.

Data: ___/___/2021

Título do tema: Estudo de Técnicas de Compensação de Energia Reactiva Para Correção de Factor de Potência em Zonas Industriais Por Meio de Banco de Capacitores e Elaboração de Plano de Reposição de Banco de Capacitor da SE1.2 de 250kVAr/440V/50Hz da Empresa CFM – Sul.

1. Introdução										
1.1. Apresentação dos pontos chaves na introdução (Contexto e importância do trabalho)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Secção 1 subtotal (max: 10)										

2. Organização e explanação										
2.1. Objectivos	1	2	3							
2.3. Metodologia	1	2	3	4						
2.4. Resultados, sua análise e discussão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.5. Conclusões e aplicação dos resultados (recomendações)	1	2	3	4	5	6	7	8		
Secção 2 subtotal (max: 25)										

3. Estilo da apresentação										
3. 1. Uso efectivo do tempo	1	2	3	4	5					
3.2. Clareza, tom, vivacidade e entusiasmo	1	2	3	4	5					
3.3. Uso e qualidade dos audiovisuais	1	2	3	4	5					
Secção 3 subtotal (max: 15)										

4. Defesa										
4.1. Exactidão nas respostas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.2. Domínio dos conceitos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.3. Confiança e domínio do trabalho realizado	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.4. Domínio do significado e aplicação dos resultados	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.5. Segurança nas intervenções	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Secção 3 subtotal (max: 50)										

Total de pontos (max: 100)		Nota (=Total*0,2)	
-----------------------------------	--	--------------------------	--



FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

F3 - FICHA DE AVALIAÇÃO GLOBAL

Nome do estudante: SERILO, Felner Adelino

Referência do tema: 2021ELTLD04.

Data: ___/___/2021

Título do tema: Estudo de Técnicas de Compensação de Energia Reactiva Para Correção de Factor de Potência em Zonas Industriais Por Meio de Banco de Capacitores e Elaboração de Plano de Reposição de Banco de Capacitor da SE1.2 de 250kVAr/440V/50Hz da Empresa CFM – Sul.

Membros do júri	Assinatura
Membro 1 (O presidente)	
Membro 2	
Membro 3	

AVALIADOR	NOTA OBTIDA	PESO (%)
Relatório escrito (F1)	N1=	A= 60
Apresentação e defesa do trabalho (F2)	N2=	B= 40

CLASSIFICAÇÃO FINAL $=(N1*A+N2*B)/100$	
--	--

Maputo, _____ de _____ de 2021