



FACULDADE DE ENGENHARIA
CURSO DE LICENCIATURA EM ENGENHARIA ELÉCTRICA

**PROJECTO ELÉCTRICO PARA ALIMENTAÇÃO DA INDÚSTRIA DE RECICLAGEM DE
PLÁSTICO NO BAIRRO MOZAL/MAVOCO**

O AUTOR:

Gimo, Egídio Jorge

O SUPERVISOR:

Engº. Hélder Nhambe

Maputo, julho de 2024

UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
CURSO DE LICENCIATURA EM ENGENHARIA ELÉCTRICA

**PROJECTO ELÉCTRICO PARA ALIMENTAÇÃO DA INDÚSTRIA DE RECICLAGEM DE
PLÁSTICO NO BAIRRO MOZAL/MAVOCO**

O AUTOR:

Gimo, Egídio Jorge

O SUPERVISOR:

Engº. Hélder Nhambe

Maputo, julho de 2024



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

TERMO DE ENTREGA DO TRABALHO DE LICENCIATURA

Declaro que o estudante Gimo, Egídio Jorge entregou no dia 16/07/2024 as 03 cópias do relatório do seu Trabalho de Licenciatura com a referência: 2024ELTLD03

Intitulado: Projecto eléctrico para alimentação da indústria de reciclagem de plástico no bairro Mozal/Mavoco.

Maputo, 16 de julho de 2024

A chefe da secretaria

(dra Arlete Cuco)

DEDICATÓRIA

Aos meus Pais Jorge Francisco Gimo (em memória) e Lise João Penicela, pilares da minha formação como ser humano, em especial a minha esposa Joana Mafanela pelo suporte até a conclusão da minha formação. As minhas filhas Alcía e Alexia que são uma grande bênção em minha vida.

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo amor e pela misericórdia derramada sobre a minha vida, bem como por iluminar a minha mente nos momentos difíceis, dando-me força e coragem para seguir.

Aos meus Pais, pela educação que me deram desde a minha existência na terra e pelo apoio, moral e material ao longo de toda a minha vida estudantil, a minha esposa Joana Mafanela, minhas filhas Alícia e Alexia, bem como aos meus irmãos que me proporcionaram momentos de alegria em meio a dificuldades na academia, o que me fortalece até aos dias de hoje.

Ao meu orientador, Engenheiro Hélder Nhambe que me auxiliou e esteve presente sempre que necessitei, contribuindo com o desenvolvimento do trabalho e ajudando-me a acreditar na minha ideia.

Ao corpo docente do Departamento de Engenharia Electrotécnica, por ter-me transmitido conhecimento suficiente para elaboração deste trabalho.

A todos os meus colegas da Faculdade de Engenharia e os demais, que colaboraram directa ou indirectamente para a elaboração deste projecto.

RESUMO

O presente relatório pretende apresentar o trabalho desenvolvido no contexto do Projecto Eléctrico para alimentação da Indústria de Reciclagem de Plástico no Bairro Mozal/Mavoco, município de Boane em Maputo e no âmbito da disciplina de Trabalho de Licenciatura leccionada na Universidade Eduardo Mondlane, Faculdade de Engenharia. A sua realização inclui o dimensionamento do posto de transformação, os quadros parciais e respectivos circuitos alimentados. Através de uma linha de média tensão situada a 500 metros, será alimentado no posto de transformação um transformador de 100 kVA, 33/0.4 kV por forma a suprir uma demanda de 78.55 kVA de carga prevista. A distribuição tem início no Quadro Geral de Baixa Tensão, onde através de dois (2) cabos (VAV 3x70+35mm² 0.8/1.2kV e VAV 4x6mm² 0.8/1.2 kV) embutidos em tubos VD com diâmetro 63 mm e 25 mm respectivamente, serão alimentados dois (2) Quadros parciais (QP1 e QP2) localizados na área industrial do edifício.

A partir do Quadro parcial 1 (QP1) estão previstas sete (7) canalizações embebidas em elementos de construção, uma alimenta um moinho de 50 CV, através do de cabo H07V-U 3G25+16, protegido por fusíveis APC tipo gL/gG, tamanho NH00 e calibre 80A, dois (2) circuitos alimentados por condutores do tipo H07V-U 3X16+2G10, protegidos por fusíveis APC gL/gG de tamanho NH00 e calibre 50A alimentando uma lavadora e secadora ambas com 30 CV, por fim temos quatro (4) canalizações por condutores do tipo H07V-U 4G2.5 protegidos por fusíveis APC tipo gL/gG tamanho NH00 e calibre 16A alimentando quatro motores redutores de 2 CV. Do Quadro Parcial 2 sairão quatro (4) circuitos de iluminação interior instalados à vista, fixo na parede por abraçadeira usando cabo H07VV-3G1.5 protegidos por disjuntor de 10A, dois circuitos de climatização e tomadas de uso geral através de condutores do tipo H07V-U 3G2.5 em tubo VD embebido nos elementos de construção em alvenaria e protegidos por disjuntores de 16A, cinco (5) exaustores e uma (1) electrobomba alimentados por cabo H07VV-U 4G2.5 instalados à vista, fixo na parede por abraçadeiras e protegidos por disjuntores de 16A.

Palavras chave: Canalizações; Dimensionamento; Quadros eléctricos; Posto de transformação;

ABSTRACT

This report aims to present the work developed in the context of the Electrical Project to supply the Plastic Recycling Industry in Bairro Mozal/Mavoco, municipality of Boane in Maputo and within the scope of the Degree Work discipline taught at Eduardo Mondlane University, Faculty of Engineering. Its implementation includes the sizing of the transformation station, the partial panels and their respective powered circuits. Through a medium voltage line located 500 meters away, a 100 kVA, 33/0.4 kV transformer will be supplied at the transformation station to feed a demand of 78.55 kVA of expected load. The distribution begins at the General Low Voltage Switchgear, where through two (2) cables (VAV 3x70+35mm² 0.8/1.2kV and VAV 4x6mm² 0.8/1.2 kV) embedded in VD tubes with a diameter of 63 mm and 25 mm respectively, two (2) partial panels (QP1 and QP2) located in the industrial area of the building will be fed.

From Partial panel 1 (QP1) there are seven (7) pipes embedded in construction elements, one feeds a 50 HP mill, through the H07V-U 3G25+16 cable, protected by APC fuses type gL/gG, size NH00 and caliber 80A, two (2) circuits fed by conductors type H07V-U 3X16+2G10, protected by APC gL/gG fuses of size NH00 and caliber 50A feeding a washer and dryer both with 30 HP, finally we have four (4) pipes with conductors of type H07V-U 4G2.5 protected by APC fuses type gL/gG size NH00 and caliber 16A feeding four 2 CV reduction motors. From Partial panel 2 there will be four (4) interior lighting circuits installed in plain view, fixed to the wall by clamp using H07VV-3G1.5 cable protected by a 10A circuit breaker, two air conditioning circuits and general purpose sockets using H07V-U 3G2.5 type conductors in VD tube embedded in masonry construction elements and protected by 16A circuit breakers, five (5) exhaust fans and one (1) electric pump powered by H07VV-U 4G2.5 cable installed in plain view, fixed to the wall with clamps and protected by 16A circuit breakers.

Keywords: Electrical Plumbing; Sizing; Electrical panels; Transformation station;

ÍNDICE

DEDICATÓRIA	i
AGRADECIMENTOS	ii
RESUMO	iii
LISTA DE SÍMBOLOS	vii
LISTA DE ABREVIATURAS	x
CAPITULO I - INTRODUÇÃO	1
1.0. Contextualização	1
1.1. Formulação do problema	1
1.2. Justificativa	1
1.3. Objectivos	2
1.3.1. Objectivo geral	2
1.3.2. Objectivos específicos	2
1.4. Metodologia	2
1.5. Regulamentação	2
1.6. Estrutura do trabalho	3
CAPITULO II – REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA	4
2.0. Revisão bibliográfica	4
2.1. Motores eléctricos	4
2.2. Condutores e cabos eléctricos	6
2.3. Canalizações eléctricas	9
CAPÍTULO III - MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	10
3.0. Memória descritiva e justificativa	10
3.1. Legislação e regulamentação	10
3.2. Constituição do edifício	12
3.3. Classificação dos locais	12
3.4. Alimentação	12
3.5. Distribuição	13
3.6. Iluminação geral	13

3.7.	Tomadas e alimentação de equipamentos e máquinas	14
3.8.	Climatização.....	15
3.9.	Ventilação e extracção	15
3.10.	Canalizações Eléctricas.....	15
3.11.	Quadros eléctricos.....	16
3.12.	Protecções e escolha das secções das derivações dos quadros	17
3.13.	Distribuição das cargas pelas fases	17
3.14.	Sistema de protecção de pessoas	17
CAPÍTULO IV – LEVANTAMENTO DE CARGA E DIMENSIONAMENTO DE CANALIZAÇÕES		
.....		20
4.0.	Previsão de potência	20
4.1.	Cargas do projecto.....	21
4.2.	Dimensionamento de canalizações	22
4.2.1.	Motores eléctricos.....	22
4.2.2.	Exaustores	34
4.2.3.	Climatização.....	38
4.2.4.	Bomba eléctrica	40
4.2.5.	Iluminação Interior	41
4.2.6.	Iluminação exterior	41
4.3.	Dimensionamento do posto de transformação	42
4.3.1.	Lado de alta tensão.....	42
4.3.2.	Lado de baixa tensão	45
4.4.	Avaliação do factor de potência global da indústria	55
CAPÍTULO V		56
5.0.	MEDIÇÃO E ESTIMATIVA DE CUSTOS	56
CAPITULO VI		58
6.0.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	58
6.1.	Conclusões	58
6.2.	Recomendações	59

LISTA DE SÍMBOLOS

P_n :	Potência nominal do motor (cv)
P_{eim} :	Potência no eixo do motor (cv)
P_e :	Potência no eixo do motor (kW)
K_u :	Factor de utilização do motor
K_u :	Factor de simultaneidade
S_e :	Potência aparente solicitada pelo do motor (kVA)
Q_e :	Potência reactiva solicitada pelo motor (kVAR)
η :	Rendimento (%)
$\cos \varphi$:	Factor de potência
I_s :	Corrente de serviço (A)
I_n :	Corrente nominal (A)
I_{cc} :	Corrente de curto-circuito (kA)
I_2 :	Corrente convencional de funcionamento (A)
I_z :	Corrente máxima admissível (A)
$(I_z)_{corrigida}$:	Corrente máxima admissível corrigida (A)
U :	Tensão nominal (V)
K_a :	Factor de correcção da temperatura ambiente
K_b :	Factor de correcção para cabos instalados ao a com pequeno afastamento
S_n :	Secção nominal do condutor (mm ²)
ρ :	Resistividade do material ($\frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}}$)
R_m :	Resistência a montante (Ω)

$R_{c20^{\circ}\text{C}}$:	Resistência eléctrica a 20°C (Ω)
R :	Resistência eléctrica (Ω)
X :	Reactância (Ω)
α :	Coefficiente de redução
T_i :	Temperatura inicial ($^{\circ}\text{C}$)
T_f :	Temperatura final ($^{\circ}\text{C}$)
Hz:	Frequência
R_c :	Resistência do cabo a jusante (Ω)
R_{tc} :	Resistência total do cabo (Ω)
l :	Comprimento (m)
Δ_u :	Queda de tensão (V)
$\Delta_{u\%}$:	Queda de tensão percentual (%).
t_{act} :	Tempo de actuação da protecção (s)
L_{MT} :	Comprimento da linha de média tensão

Figuras

Figura 1 Triângulo de potências [12].....	5
Figura 2: Condutor isolado [13]	7
Figura 3: Cabo unipolar e multipolar [13].....	7
Figura 4: Mapa de localização da área de implantação do projecto [15].....	11
Figura 5: Instalação de descarregadores de sobretensão (DST) a montante de dispositivos diferenciais (DR) - (RTIEBT).....	19
Figura 6 Configuração de linha eléctrica em esteira [6]	44

Tabelas

Tabela 1 Constituição do edifício (Autor)	12
Tabela 2 Classificação dos locais (Autor)	12
Tabela 3 : Cálculo de potência provável (Autor)	20
Tabela 4: Cargas motrizes do projecto (Autor).....	20
Tabela 5: Cargas do projecto (Autor).....	21
Tabela 6: Estimativa de custos	56
Tabela 7: Despesas e custo global	57

LISTA DE ABREVIATURAS

RTIEBT:	Regulamento Técnico de Instalações eléctrica de Baixa Tensão
RSIUEE:	Regulamento de segurança das Instalações de Utiliza ção De Energia eléctrica
RSRDLAAT:	Regulamento de segurança das Redes de Distribuição das linhas Aéreas de Alta Tensão
AAAC:	Condutor de Alumínio com liga de Alumínio
kW:	Quilo Watt
kVA:	Quilo Volt Ampere
kVAR:	Quilo Volt Ampere Reactivo
CV:	Cavalos
CC:	Corrente contínua
CA:	Corrente alternada
SER:	Sem riscos especiais
HUM:	Húmidos
THUM:	Temporariamente húmido
ACO:	Ambiente Corrosivo
RIN:	Riso de incêndio
REX:	Risco de explosão
EDM:	Eletricidade de Moçambique

CAPITULO I - INTRODUÇÃO

1.0. Contextualização

Desde a revolução industrial, a indústria tem-se mostrado um dos pilares económicos que segura a humanidade, se tornando num sector de extrema importância para o mundo.

A indústria desempenha um papel crucial a nível global, gerando empregos, impulsionando o comércio e melhorando a qualidade de vida do Homem.

É quase impossível falar da indústria sem fazer menção à energia que a sustenta, trata-se de um recurso essencial para a realização das actividades productivas do sector.

Porém, é importante prever que o sistema energético seja estabelecido, mediante condições que assegurem um bom funcionamento das instalações industriais, ou seja, ausente de curto circuitos, incêndios, causando prejuízos financeiros e colocando em risco a saúde dos que estiverem presentes.

O projecto eléctrico é a ferramenta que contempla a previsão de toda instalação eléctrica antes de ela ser iniciada. É realizada de acordo com as necessidades de cada obra, mas sempre visando a segurança, economia, dimensionamento adequado e a previsão de consumo.

1.1. Formulação do problema

O acto de planear faz parte da nossa vida e envolve diversas actividades diárias, desde as mais simples até as mais complexas. Com uma indústria não seria diferente, pois para a sua construção é necessário definir metas e objectivos, além de fazer um plano para elaborar um projecto que irá permitir uma exploração segura das suas instalações e conseqüentemente a protecção de pessoas.

Neste contexto, existe a necessidade de responder ao seguinte questionamento:

"Como o Projecto Eléctrico pode ser usado para melhorar o planeamento de uma Instalação Eléctrica Industrial?"

1.2. Justificativa

A escolha do tema, surge no contexto da importância no estudo do lado de baixa tensão de uma instalação eléctrica industrial, cujos resultados poderão contribuir para melhorar a percepção dos investidores e gestores do ramo industrial, sobre a necessidade de um

prévio planeamento eléctrico, que poderá propiciar á benefícios de natureza económica (desperdício dos materiais) e segurança (diminuir os riscos de acidentes originados pela energia eléctrica), por outro lado poderá atender à exigência da concessionária de energia para elaboração do projecto eléctrico.

1.3. Objectivos

1.3.1. Objectivo geral

- Projectar um sistema eléctrico de baixa tensão, para alimentação de uma indústria de reciclagem de plástico;

1.3.2. Objectivos específicos

- Estudar as condições de suprimento de energia eléctrica;
- Fazer o levantamento das cargas;
- Dimensionar as canalizações e quadros;
- Dimensionar o posto de transformação da indústria;

1.4. Metodologia

Para o desenvolvimento do projecto será utilizada a seguinte metodologia:

Levantamento

- Será feita na base de entrevista directa a pessoas relevantes no projecto para fins de recolha de dados.

Estratégia de recolha de dados

- Serão colectados dados técnicos relacionados com projectos de instalações eléctricas industriais;

Pesquisa bibliográfica

Busca de informação em livros, artigos científicos, teses de licenciatura em formato electrónico relacionado com a temática, nomeadamente "dimensionamento de instalações eléctricas industriais", com vista a satisfazer os objectivos da pesquisa.

1.5. Regulamentação

- Regulamento Técnico de Instalações Eléctricas de Baixa Tensão;
- Regulamento de Segurança de Subestações, Postos de Transformação e seccionamento;

- Regulamento de Segurança de Redes de Distribuição e de Linhas Aéreas De Alta Tensão.

1.6. Estrutura do trabalho

Com a finalidade de facilitar a compreensão do conteúdo patente no presente relatório, o mesmo foi dividido em sete capítulos, a descrever abaixo:

CAPÍTULO I

O primeiro capítulo faz uma abordagem aos aspectos gerais contemplados no projecto, nomeadamente, a contextualização, formulação do problema, justificativa, delimitação do tema, os objectivos, a metodologia e a estrutura do trabalho.

CAPÍTULO II

Neste capítulo é feita a apresentação da revisão bibliográfica.

CAPÍTULO III

O terceiro capítulo faz a memória descritiva e justificativa, que consiste em trazer com detalhes os objectivos, etapas, recomendações, características de montagem/instalação e materiais necessários para a realização da obra concernente ao projecto.

CAPÍTULO IV

Este capítulo apresenta com detalhes as cargas do projecto, as etapas do dimensionamento das diferentes canalizações e posto de transformação.

CAPÍTULO V

Neste capítulo é feita a medição dos materiais e estimativa de custos global.

CAPÍTULO VI

Representa a parte final do projecto, onde serão descritas as conclusões e recomendações.

CAPITULO II – REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA

2.0. Revisão bibliográfica

2.1. Motores eléctricos

Considerações técnicas de carácter funcional no consumo de energia por motores eléctricos de indução trifásicos

Corrente nominal (i):

É a corrente que o motor absorve da rede quando funciona à potência nominal, sob tensão e frequência nominais. O valor da corrente nominal depende do rendimento (η) e do factor de potência do motor ($\cos \varphi$). [1]

$$I = \frac{P(\text{kW})}{\sqrt{3} \times U \times \eta \times \cos \varphi} = \frac{736 \times P(\text{cv})}{\sqrt{3} \times U \times \eta \times \cos \varphi} \quad (\text{A}) \quad (1)$$

- **Potência aparente (s):**

É o resultado da multiplicação da tensão pela corrente

$$S = U \times I \quad \text{Para sistemas monofásicos} \quad (2)$$

$$S = \sqrt{3} \times U \times I \quad \text{Para sistemas trifásicos} \quad (3)$$

Para cargas resistivas $\cos \varphi = 1$ e a potência activa se confunde com a potência aparente. A sua unidade de medida é o volt ampère (VA) ou seu múltiplo Quilovolt ampère (kVA).

- **Potência activa (P):**

É a parcela da potência aparente que realiza trabalho, ou seja, que é transformada em energia. [1]

$$P = \sqrt{3} \times U \times I \times \cos \varphi \quad (\text{W}) \quad (4)$$

- **Potência reactiva (Q):**

É a parcela da potência aparente que não realiza trabalho, apenas é transferida e armazenada nos elementos passivos (capacitores e indutores) do circuito. [1]

$$Q = S \times \sin \varphi \quad (\text{VAR}) \quad (5)$$

- **Triângulo de potência**

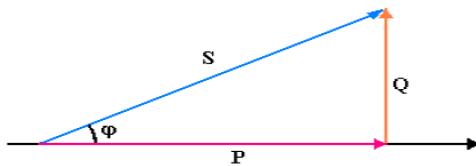


Figura 1 Triângulo de potências [12]

Onde: S = Potência aparente

P = Potência activa

Q = Potência reactiva

- **Factor de potência:**

O factor de potência, indicado por $\cos \varphi$, onde φ é o ângulo de defasagem da tensão em relação à corrente. É a relação entre a potência real (activa) P e a potência aparente (S).

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{P(W)}{\sqrt{3} \times U \times I} \quad (6)$$

Assim:

- Carga resistiva: $\cos \varphi = 1$
- Carga indutiva: $\cos \varphi$ atrasado
- Carga capacitiva: $\cos \varphi$ adiantado

Os termos atrasado e adiantado, referem se à fase da corrente em relação à fase da tensão.

- **Rendimento**

O motor eléctrico absorve energia eléctrica da linha e a transforma em energia mecânica disponível no veio do motor. O rendimento define a eficiência com que é feita esta transformação. Chamada potência útil (P_u) a potência mecânica disponível no eixo e potência absorvida (P_a), a potência eléctrica que o motor retira da rede, o rendimento será a relação entre as duas, ou seja:

$$\eta\% = \frac{P_u(W)}{P_a(W)} \times 100\% = \frac{P_u(W)}{\sqrt{3} \times U \times I \times \cos \varphi} \times 100\% = \frac{736 \times P(cv)}{\sqrt{3} \times U \times I \times \cos \varphi} \times 100\% \quad (7)$$

Um rendimento alto significa perdas baixas e, portanto, um menor aquecimento no motor, por outro lado quanto maior o rendimento, menor a potência absorvida da linha, e, portanto, menor o custo da energia eléctrica paga nas contas mensais. (WEG, 2012)

2.2. Condutores e cabos eléctricos

O dimensionamento de um condutor deve ser precedido de uma análise detalhada de sua instalação e da carga a ser suprida.

Um condutor mal dimensionado, além de implicar a operação inadequada da carga, representa um elevado risco de incêndio para o património, principalmente quando associado a um deficiente projecto de protecção. Os principais factores que envolvem o dimensionamento de um condutor são:

- a. Tensão nominal;
- b. Frequência nominal;
- c. Potência ou corrente da carga a ser suprida;
- d. Factor de potência da carga;
- e. Tipo de sistema, monofásico ou trifásico;
- f. Tipo de canalização;
- g. Tipo de carga: iluminação, força motriz, capacitores, etc.
- h. Comprimento da canalização;
- i. Corrente de curto-circuito;

Para que os condutores estejam dimensionados de forma adequada, é necessário projectar correctamente os dispositivos de protecção a eles associados, para que a ocorrência de sobrecorrentes não deteriore o seu isolamento.

A maioria das instalações eléctricas industriais usa condutores e cabos com alma de cobre, diferentemente do alumínio apesar do preço no mercado ser significativamente inferior aos correspondentes condutores de cobre, deve se ao facto de estes necessitarem maiores cuidados na manipulação e instalação dada a sua resistência mecânica.

No geral, os cabos são isolados com diferentes tipos de compostos isolantes, sendo os mais empregues os PVC (Policloreto de vinilo), EPR (Borracha Etil Propilica) e o XLPE (Polietileno reticulado).

Os condutores são chamados de isolados quando possuem uma alma condutora revestida de uma ou mais camadas de material isolante, que asseguram o seu isolamento elétrico (ver figura)

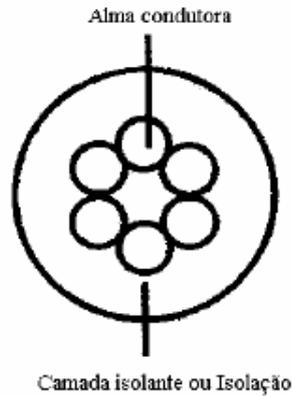


Figura 2: Condutor isolado [13]

Por outro lado são chamados de unipolar os condutores que possuem uma camada isolante, protegida por uma bainha, normalmente constituída de material PVC. Quando um cabo é constituído por condutores isolados e o conjunto é protegido por uma bainha externa, é denominado de multipolar.

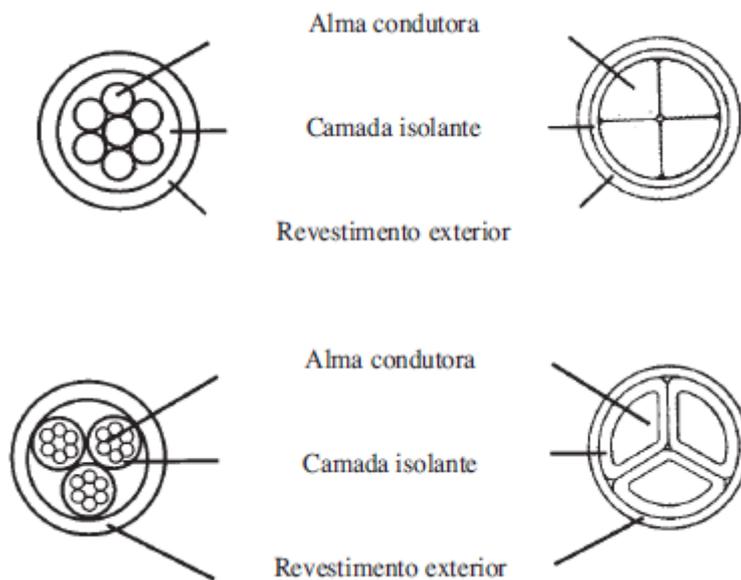


Figura 3: Cabo unipolar e multipolar [13]

O isolamento dos condutores e cabos é designado pelos valores nominais das tensões que suportam respectivamente entre fase e terra e entre fases, padronizadas pela CEI

60502-1 em 0.6/1 kV para baixa tensão, 6/10 kV; 8.7/15 kV; 12/20 kV; 18/30 kV em média tensão e 64/110 kV; 76/138 kV; 87/150 kV em alta tensão. [2]

- **Condutor activo:**

Condutor afecto à condução de corrente eléctrica. Em corrente alternada os condutores activos são os condutores de fase e o condutor neutro.

- **Condutor de protecção:**

Condutor não activo, destinado a integrar as massas de uma instalação no circuito de protecção. O circuito de protecção é o conjunto dos condutores de protecção, eléctrodos de terra, dispositivos de protecção e suas ligações.

- **Condutor geral de protecção (Condutor de terra):**

Condutor destinado a assegurar a ligação entre um ponto de uma instalação e o eléctrodo de terra.

- **Condutor de continuidade:**

Condutor destinado, exclusivamente a ligar elementos condutores estranhos às instalações eléctricas, entre si e ao circuito de protecção, a fim de assegurar a sua equipotencialidade e continuidade eléctrica.

Acessórios

- **Ligador**

Dispositivo destinado a ligar, eléctrica e mecanicamente, dois ou mais condutores ou um condutor a um aparelho.

- **Tubo**

Involucro de secção recta contínua, circular ou não, destinado, em regra, à protecção de condutores isolados ou cabos. [2]

- **Conduta**

Involucro de secção recta descontínua, destinado à protecção de condutores (apoiados em isoladores), condutores isolados ou cabos, podendo ser fechado por uma superfície amovível.

2.3. Canalizações eléctricas

Conjunto constituído por um ou mais condutores e pelos elementos que asseguram o seu isolamento eléctrico, as suas protecções mecânicas, químicas e eléctricas e a sua fixação devidamente agrupada e com aparelhos de ligação comuns.

- **Canalização fixa**

Canalização estabelecida de forma inamovível sem recurso a meios especiais.

Normalmente é constituída por condutores rígidos.

- **Canalização amovível**

Canalização não fixa destinada a alimentar, em regra, aparelhos moveis ou portáteis.

Normalmente é constituída por condutores flexíveis.

- **Canalização à vista**

Canalização visível, sem necessidade de retirar qualquer parte da construção sobre a qual está estabelecida.

- **Canalização oculta**

Canalização que não é visível ou que não é acessível sem remoção de qualquer elemento do meio em que se encontra.

CAPÍTULO III - MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

3.0. Memória descritiva e justificativa

A presente Memória Descritiva e Justificativa, bem como os desenhos anexos, refere-se ao PROJECTO ELÉCTRICO para alimentação de uma indústria para reciclagem de plástico situado no bairro Mozal/Mavoco, Município da Matola em Maputo, devidamente identificada em planta anexa, propriedade de José Pateguane Tinga, cuja descrição se passa a apresentar.

3.1. Legislação e regulamentação

O projecto irá obedecer ao conjunto de normas e regulamentos cuja citação passo abaixo:

- Regulamento de Segurança das Instalações de Utilização de Energia Eléctrica (RSIUEE) Dec. Lei 740/74 e Dec. Lei 303/76
- Regulamento de Segurança de Subestações, Postos de Transformação e Seccionamento
- Regulamento de Segurança das Redes de Distribuição das Linhas Aéreas de Alta Tensão
- Regras Técnicas de Instalações Eléctricas de Baixa Tensão.
- Desenhos de Arquitectura.

Irá atender também às orientações e recomendações das entidades oficiais de licenciamento e empresas distribuidoras de energia eléctrica, nomeadamente:

- Direcção Nacional de Energia (DNE)
- Electricidade de Moçambique (EDM)
- Conselho Municipal

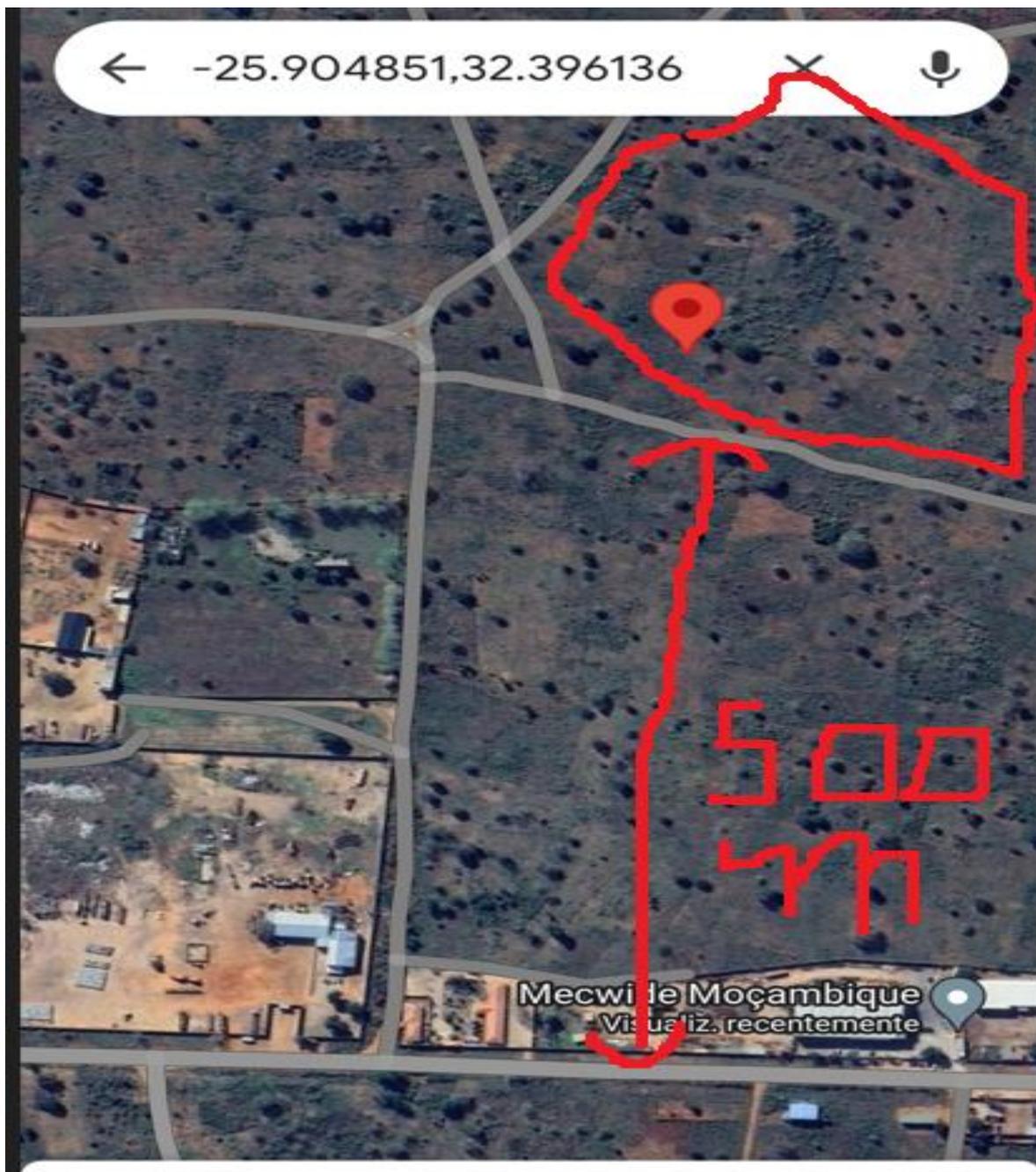


Figura 4: Mapa de localização da área de implantação do projecto [15]

3.2. Constituição do edifício

O edifício é constituído por três áreas nomeadamente, administrativa, industrial e exterior.

Tabela 1 Constituição do edifício (Autor)

Constituição do edifício		
Área administrativa	Área industrial	Área exterior
Escritório	Zona de produção	Guarita
Sala administrativa	Zona de armazenamento	Estacionamento
Copa		
WC1		
WC2		

3.3. Classificação dos locais

Tabela 2 Classificação dos locais (Autor)

Utilização	Classificação
Sala administrativa	SRE
Escritório	SRE
Copa	SRE
WC1	TUM
WC2	THUM
Área industrial	ACO+RIN+REX
Guarita	SRE

3.4. Alimentação

O fornecimento de energia eléctrica será efectuado em média tensão a 33kV (tensão da linha mais próxima ao edifício) pela Electricidade de Moçambique, através de uma derivação directa da linha de média tensão a partir do ramal existente da rede de média tensão (MT) mais próxima do local com uma disponibilidade de potência igual a 850kVA.. O projecto prevê a instalação de um posto de transformação, PT, do tipo aéreo de montagem exterior. Para garantir uma certa redundância no fornecimento de energia

eléctrica ao empreendimento, dependendo das características da rede local, poderá ser necessária a inclusão de um anel na alimentação do posto de transformação.

3.5. Distribuição

A distribuição tem início no quadro geral de baixa tensão (QGBT) localizado no posto de transformação da fábrica, que através de dois circuitos subterrâneos por cabo VAV, são alimentados dois quadros parciais, Quadro Parcial 1 (QP1) e Quadro Parcial 2 (QP2) ambos localizados na zona industrial.

Quadro Parcial 1 (QP1)

A alimentação deste quadro é feita na saída do QGBT através de uma canalização subterrânea por cabo VAV 3x70+30mm², protegido por fusíveis APC tamanho NH01 e calibre 150A devidamente assentes sobre a base de fusíveis equivalentes, na entrada é protegido por um disjuntor de calibre 160A.

O cabo será enterrado em vala a 0.7 m de profundidade, em tubos de PVC de 50 mm de diâmetro. O tubo será envolvido por uma argamassa de “Betão pobre”.

Quadro Parcial 2 (QP2)

A alimentação deste quadro é feita na saída do QGBT através de uma canalização subterrânea por cabo VAV 4x6mm², protegido por fusíveis APC tamanho NH01 e calibre 40A devidamente assentes sobre a base de fusíveis equivalentes, na entrada é protegido por um disjuntor de calibre 40A.

O cabo será enterrado em vala a 0.7 m de profundidade, em tubos de PVC de 25 mm de diâmetro. O tubo será envolvido por uma argamassa de “Betão pobre”.

3.6. Iluminação geral

A iluminação dos compartimentos está calculada para garantir um nível de iluminância de 500 lux, 250 lux e 150 lux nos compartimentos. Será do tipo directa assegurada por armaduras fluorescentes tipo HD471, TMS 1 e TMS 426 usando lâmpadas vapor de mercúrio e fluorescentes tubulares. Na área industrial foram previstas 32 armaduras do tipo HD472, cada uma será composta por 1 lâmpada de vapor de mercúrio 250W e 1 rector electrónico com 22W de perdas ambas da marca Phillips, (Anexo 22-19).

Na sala administrativa, escritório e copa serão usadas armaduras fluorescentes duplas, cada uma composta por 2 lâmpadas fluorescentes tubular 40W e reactor duplo com 12W de perdas, ambas da marca Philips (Anexo 23-20 e Anexo 22-19).

Nas wc1, wc2 e guarita a iluminação será garantida usando armadura simples, composta por 1 lâmpada fluorescente tubular, 20W e reactor simples com 10W de perdas, ambas da marca Philips (Anexo 23-20 e Anexo 22-19).

A ligação e localização dos aparelhos de iluminação e aparelhos de comando, serão efectuados de acordo com os desenhos em planta, apresentados em anexo nas peças desenhadas.

A localização dos equipamentos deve obedecer ao estipulado nas peças desenhadas e os índices de protecção estipulados devem ser cumpridos.

Todas as armaduras serão ligadas à terra através do condutor de protecção.

Escritório, sala administrativa, copa, wc1 e wc2 e guarita:

Em condutor do tipo H07V-U de 1.5 mm² de secção, em tubo termoplástico do tipo VD com diâmetro apropriado, embebidos em elementos de construção. Todos os circuitos deverão ter condutor de protecção da instalação (terra).

Área industrial:

Será montada à vista em condutor do tipo H07VV-U de 2.5 mm² de secção, em tubo termoplástico do tipo VD 20mm fixo por abraçadeira.

3.7. Tomadas e alimentação de equipamentos e máquinas

Serão estabelecidos circuitos de tomadas de uso geral e de uso específico para ligação de cargas amovíveis e cargas fixas específicas de acordo com a Secção 801.5.3 das RTIEBT, cada circuito de tomadas de uso geral alimentará, no máximo, oito pontos de utilização, sendo que, para este efeito, as tomadas duplas são consideradas como um só ponto de utilização.

Estes circuitos serão estabelecidos a vista e em alvenarias do pavimento e ou em tectos falsos caso necessário e existam, em condutores tipo H07V-U protegidos por tubos VD embebidos em roços nas paredes e H07VV-U protegidos por tubos VD fixos com braçadeiras, respeitando a distribuição indicada nas peças desenhadas. As tomadas trifásicas e monofásicas industriais, serão alimentadas através de condutores do tipo

H07VV - U com secção segundo as peças desenhadas, instalados nas mesmas condições, a uma altura de 1.10m sua alimentação será independente para cada uma, directa do quadro.

A alimentação dos motores de máquinas previstos, será conforme os respectivos esquemas de força e comando em peças desenhadas.

As tomadas instaladas nas paredes devem estar a uma distância mínima de 50 mm para $I_s \leq 32A$ e 120 mm para $I_s > 32A$ (ponto 555.5 das RTIEBT).

As fichas e as tomadas para usos industriais devem satisfazer a EN 60309 (alínea b) do ponto 555 das RTIEBT).

3.8. Climatização

Foi prevista a montagem de aparelhos de climatização do tipo Split para os distintos compartimentos e nos compartimentos onde se julga necessário, com alimentação independente a partir dos respectivos quadros.

Os circuitos serão alimentados individualmente a partir dos Quadros Eléctricos por meio de condutores do tipo H07V-U 3G2.5, protegidos por tubo VD 16mm, protegido por disjuntores de 16A. Deverá ser evitado ao máximo a execução de emendas dentro das alvenarias e se as condições da obra isso obrigarem, deverá haver autorização expressa da fiscalização.

As tubagens de cobre e de condensados também serão embebidos, devidamente canalizados e com inclinação necessária para evitar derrames no interior do edifício.

3.9. Ventilação e extracção

Foi prevista a montagem de 5 extratores conforme o dimensionamento em capítulos posteriores. Os circuitos de alimentação serão independentes a partir do quadro, por cabo H07VV-U 4G2.5, protegido por tubo VD fixo em parede por abraçadeira e disjuntor de 16A.

3.10. Canalizações Eléctricas

Prevê-se que, na generalidade desta instalação, serão utilizados os tipos de canalizações eléctricas indicadas de seguida:

- Canalizações a vista na área fabril:
Cabos H07VV-U protegidos por tubos VD fixos com abraçadeiras

- Canalizações ocultas embebidas no resto de compartimentos:
Condutores H07V-U protegidos por tubos VD embebidos em roços nas paredes, no tecto ou no Betão do pavimento.
- Para circuitos de alimentação de quadros eléctricos e circuitos:
Cabos VAV protegidos por tubos VD enterrados.

3.11. Quadros eléctricos

Os quadros eléctricos serão constituídos por barramento trifásico, produzido em cobre eletrolítico e pintados nas cores convencionais e dimensionado para uma densidade que suporte a corrente de curto-circuito prevista para cada quadro.

Todos os parafusos anilhas e porcas ou quaisquer outras peças de ligação dos condutores serão de latão niquelado.

As ligações ao barramento serão feitas por terminais de aperto apropriados, fixados por parafusos e não é permitido o uso de olhais para qualquer ligação.

As saídas dos circuitos deverão ser efectuadas a partir de réguas de bornes, de aperto por parafusos, a estabelecer no interior dos quadros, assentes em perfis adequados.

As réguas de bornes serão obrigatoriamente identificadas em relação aos circuitos que alimentam e terão uma disposição de montagem tal, que permita com facilidade desligar delas qualquer circuito para medição de isolamento.

As entradas e saídas dos vários condutores ou cabos, nos quadros far-se-ão sempre por intermédio de boquilhas ou bucins adequados e as suas ligações eléctricas serão feitas nos bornes já acima referidos.

Todas as ligações eléctricas entre aparelhagem dentro dos quadros serão realizadas por meio de fio condutor do tipo H07V – U (ou R).

Os equipamentos de corte e protecção serão constituídos por:

Interruptores de Corte tipo multicelular, tetrapolares, com comando por manipulou.

Disjuntores de protecção do tipo magneto térmicos, com poder de Corte não inferior à 4,5 KA em 380V e 6KA A em 230V, aos de protecção dos circuitos de iluminação e tomadas.

O índice de protecção do quadro, não será inferior à IP 41-1K08, em que IP é o índice de protecção dos sólidos e águas e IK o de protecção contra impactos mecânicos.

3.12. Protecções e escolha das secções das derivações dos quadros

Para a definição das protecções de cada derivação dos quadros, tomaram-se os correspondentes valores das cargas e o seu funcionamento.

A sua selectividade foi observada e a escolha das secções, tipos de condutores e cabos obedeceram aos requisitos habituais da sua aplicação. Em especial para a condição de protecção de cada canalização, avaliou-se a relação entre as respectivas correntes de serviço, os calibres de protecção e as correntes máximas admissíveis depois de corrigidas em função do número de condutores, da temperatura (35°C) e do tipo de local ($K_p = 1$, local normal).

3.13. Distribuição das cargas pelas fases

A distribuição das cargas pelas fases deverá ser efectuada nos quadros de distribuição com vista a evitar desequilíbrios acentuados entre as fases.

3.14. Sistema de protecção de pessoas

Protecção contra contactos directos

Esta protecção será assegurada pela utilização de equipamentos eléctricos construídos segundo as prescrições, nomeadamente isolando ou afastando as partes da instalação susceptíveis de causar choques eléctricos.

Contactos indirectos

De acordo com a Secção 413.1.4 das RTIEBT, deverão ser tomadas medidas de protecção contra contactos indirectos por forma a não se manter, em qualquer massa ou elemento condutor estranho à instalação, uma tensão de contacto superior a 50V.

Assim, é utilizado um sistema de protecção que consiste na ligação directa das massas à terra de protecção e emprego de um aparelho de corte automático associado (sistema TT). Todas as massas da instalação serão ligadas à terra por meio de condutores de protecção.

Além destas, tal como disposto no Anexo II da Secção 701 das RTIEBT, todos os elementos condutores, com excepção dos de reduzidas dimensões e que não apresentem riscos de ficarem a um potencial diferente do da ligação equipotencial, serão ligados à ligação equipotencial.

Assim, serão ligados à ligação equipotencial os seguintes equipamentos:

- Canalizações metálicas de água quente, água fria, ventilação e esgoto;
- Corpo dos aparelhos sanitários metálicos;
- Aros metálicos das portas e das janelas por se encontrarem em contacto com elementos metálicos da construção.

A proteção das pessoas deverá ser efetuada pelo emprego de aparelhos de proteção sensíveis à corrente diferencial-residual. Os interruptores diferenciais deverão verificar a condição estabelecida pela secção 413.1.4.2 das RTIEBT:

$$I\Delta_n \times R \leq U \quad (8), \quad \text{Sendo:}$$

$I\Delta_n$ – Corrente diferencial residual nominal de funcionamento

R – Resistência de terra das massas

U – Tensão de contacto limite

A sensibilidade dos interruptores será de 30 mA com calibres segundo representação em peças desenhadas (Quadros Parciais 1 e 2).

Dispositivos de proteção contra sobretensões

Está previsto a instalação de descarregadores de sobretensão (DST) em cada um dos Quadros parciais. A classe e tensão máxima de operação continua serão iguais a 2 e 275 V, respectivamente.

A instalação será feita conforme as características do sistema de alimentação (TT) e de acordo com a figura 5.

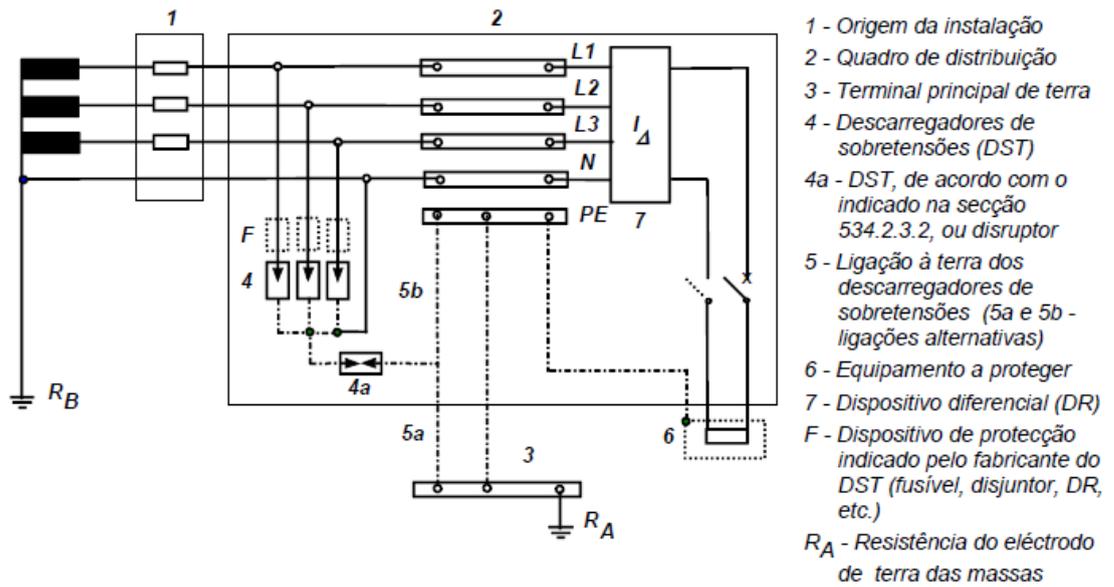


Figura 5: Instalação de descarregadores de sobretensão (DST) a montante de dispositivos diferenciais (DR) - (RTIEBT)

CAPÍTULO IV – LEVANTAMENTO DE CARGA E DIMENSIONAMENTO DE CANALIZAÇÕES

4.0. Previsão de potência

Para o cálculo da potência prevista, foram usadas as densidades de carga abaixo:

- Para iluminação e tomadas uma potência de 30VA/m²
- Para climatização uma potência de 80VA/m²

Tabela 3 : Cálculo de potência provável (Autor)

Utilização	Área	Iluminação e tomadas (30VA/m ²)	Climatização (80VA/m ²)	Potência total (VA)
Escritório	14.37	359.25	1149.6	1523.22
Sala administrativa	13.39	334.75	1071.2	1419.34
Copa	15.17	379.25	0	394.42
Área industrial	417	10425	0	10842
Total				14178.98

Pela Tabela 4, pode se concluir uma potência prevista de 14.18 kVA para circuitos de iluminação, tomadas de uso geral e climatização. Em seguida irei efectivar a potência prevista adicionando as potências das cargas motrizes do projecto (Tabela 5).

Tabela 4: Cargas motrizes do projecto (Autor)

Carga	Pot. saída		Rendim.	Fact. Pot.	Fact. Utili.	Fact. Simult.	Quant.	P. entrada (kW)	P. entrada (kW) Total	P. entrada (kVA) Total
	CV	kW								
Moinho	50.0	37.00	0.93	0.82	0.87	1.00	1.00	34.61	34.61	42.21
Lavadora	30.0	22.00	0.93	0.80	0.85	0.80	1.00	20.22	16.17	20.22
Secadora	30.0	22.00	0.93	0.80	0.85	0.80	1.00	20.22	16.17	20.22
Redutor	2.0	1.50	0.83	0.67	0.70	0.80	4.00	1.27	4.06	6.06
Exaustor	0.7	1.68	0.80	0.95	0.70	0.75	5.00	1.47	5.51	5.80
Electrobomba	-	-	0.70	0.80	1.00	1.00	1.00	0.17	0.17	0.21
Total									76.70	94.72

$$P_{\text{prevista}} = (\text{potencia provavel} + \text{cargas motrizes}) \times F. \text{ simultaneidade da industria} \quad (9)$$

$$P_{\text{prevista}} = (14.18\text{kVA} + 94.72\text{kVA}) \times 0.7$$

$$P_{\text{prevista}} = 76.23\text{kVA}$$

Desta forma, pode se prever um transformador de 100kVA

4.1. Cargas do projecto

A tabela abaixo faz o resumo de todas as cargas do projecto.

Tabela 5: Cargas do projecto (Autor)

Carga	P. na saída		Rend.	Fact. Pot.	Fact. Utili.	F. Simult.	Quant.	P. entrada (kW)	P. entrada (kW) Total	P. entrada (VA) Total
	CV	kW								
Moinho	50.0	37.00	0.93	0.82	0.87	1.00	1.00	34.61	34.61	42.21
Lavadora	30.0	22.00	0.93	0.80	0.85	0.80	1.00	20.22	16.17	20.22
Secadora	30.0	22.00	0.93	0.80	0.85	0.80	1.00	20.22	16.17	20.21
Redutor	2.0	1.50	0.83	0.67	0.70	0.80	4.00	1.27	4.06	6.06
Exaustor	0.7	1.68	0.80	0.95	0.70	0.75	5.00	1.47	5.51	5.80
Bomba	-	-	0.70	0.80	1.00	1.00	1.00	0.17	0.17	0.21
Il.exterior	-	-	-	0.95	1	1	6	0.28	1.68	1.77
TUG mono.	-	-	-	1	1	0.4	11	0.1	0.44	0.44
TUG Trif.	-	-	-	1.00	1.00	1.00	2	0.1	0.2	0.20
Cli.escr	-	-	-	1.00	1.00	1.00	1	1.5	1.5	1.50
Cli.S. admi.	-	-	-	1.00	1.00	1.00	1	1.5	1.5	1.50
C.luminotécnico	-	-	-	0.80					9.677	12.10
Total									91.69	112.22

Potência instalada: 112.22 kVA

Factor de simultaneidade da indústria: 0.7 [Anexo 13]

Potência simultânea consumida P_{Sc} :

$$P_{Sc} = P_{\text{instalada}} \times K_s \text{ industria} \quad (10)$$

$$P_{Sc} = 112.22 \times 0.7 = 78.55 \text{ kVA}$$

4.2. Dimensionamento de canalizações

4.2.1. Motores eléctricos

4.2.1.1. Tipo 1: Moinho ($P_n = 50$ cv)

- **Potência no eixo do motor (P_{eim}):**

$$P_{eim} = P_n \times K_u \quad (11)$$

Foi usado um factor de utilização (K_u) igual a 0.87 [Anexo 1]

$$P_{eim} = 50 \times 0.87 = 43.5 \text{ cv}$$

- **Potência de entrada (P_e):**

Os parâmetros eléctricos do motor foram retirados no catálogo da WEG. [Anexo 6]

$$\eta = \frac{P_{eim}}{P_e} \quad (12)$$

$$P_e = \frac{P_{eim}}{\eta} \times 0.736 \quad (13)$$

$$P_e = \frac{43.5}{0.93} \times 0.736 = 34.43 \text{ kW}$$

$$P_e = S \cos \varphi \times \eta \quad (14)$$

$$S = \frac{P_e}{\cos \varphi}$$

$$S = \frac{34.43 \times 10^3}{0.82} = 42 \text{ kVA}$$

Temos um motor com a potência de 50 cv ($n=1$), portanto, a potência aparente total será multiplicada pelo factor de simultaneidade respectivo. [Anexo 1]

$$S_{total} = S \times n \times K_s \quad (15)$$

$$S_{total} = 42 \times 10^3 \times 1 \times 1 = 42 \text{ kVA}$$

- **Cálculo da corrente de serviço**

$$P_e = \sqrt{3}U_s I_s \cos \varphi \quad (16)$$

$$I_s = \frac{P_e}{\sqrt{3} \times U_s \times \cos \varphi}$$

$$I_s = \frac{34.43 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.8} = 62.11 \text{ A}$$

- **Cálculo da secção do condutor**

Considerando o condutor H07V-U, método de referência B.

$$S_n = 25\text{mm}^2 \quad I_z = 89 \text{ A} \quad [\text{Anexo 3, Tabela A3.2-6}]$$

- **Correção da Corrente máxima admissível**

$$(I_z)_{\text{corrigida}} = I_z \times K_a \quad (17)$$

K_a : Factor de correcção da temperatura ambiente diferente de 20°C

$$K_a = 0.94 \quad \text{para temperatura de } 35^\circ\text{C} \quad [\text{Anexo 3, Tabela A3.3-7}]$$

$$(I_z)_{\text{corrigida}} = 89 \times 0.94$$

$$(I_z)_{\text{corrigida}} = 83.66 \text{ A}$$

- **Protecção contra curto circuito**

O dispositivo de protecção seleccionado é o fusível de categoria aM, retardado, tipo NH.

A selecção de respectivo valor nominal de corrente será conforme os critérios a seguir:

Prevê se que o motor arranque em Estrela Triângulo (diagramas de força e comando nos apêndices).

$$\frac{I_p}{I_n} = 6 \quad ; \quad t_p = 10\text{s} \quad ; \quad I_n = 62.11 \text{ A}$$

$$I_p = \left(\frac{I_p}{I_n}\right) \times I_n \times 0.33 \quad (18)$$

$$I_p = 122.98 \text{ A}$$

1º critério de escolha de fusível:

Plotando $(I_p; t_p)$ na curva característica do fusível NH [Anexo 5, Tabela A5.2-9], seleccionamos o fusível de 35 A

2º Critério de escolha de fusível:

$$I_F \geq 1.2 \times I_n \quad (19)$$

$$I_F \geq 1.2 \times 62.11$$

$$I_F \geq 74.53 \text{ A}$$

Devido ao segundo critério deve se alterar o Fusível para 80A

2º Critério de escolha de fusível:

$$K1 = K2 \geq I_n \times 0.577 \quad (20)$$

$$= 62.11 \times 0.577 = 37.57A \rightarrow K1 = K2 \rightarrow CWM40 ; I_{FMAX} = 80A$$

$$K3 \geq I_n \times 0.33 \quad (21)$$

$$= 62.11 \times 0.33 = 20.50A ; K3 \rightarrow CWM25 ; I_{FMAX} = 50A$$

$$I_{FT1} = I_n \times 0.577 = 37.57A \quad (22)$$

$$\text{Relé termico: RW67 – 1D3 – U040} \quad I_{FMAX} = 80A$$

$$1^a \text{ Condição: } I_s \leq I_n \leq (I_z)_{\text{corrigida}} \quad (23)$$

$$62.11 A \leq 80 A \leq 83.66A \quad \text{Condição verificada}$$

$$2^a \text{ Condição: } I_2 \leq 1.45(I_z)_{\text{corrigida}} \quad (24)$$

$$I_2 = 1.3 \times I_n \quad (25)$$

$$I_2 = 1.3 \times 80 A = 104 A$$

$$1.45 \times (I_z)_{\text{corrigida}} = 1.45 \times 83.66 A = 121.31 A$$

Verificação da 2ª condição:

$$104 A \leq 121.31 A \quad \text{Condição verificada}$$

Comentário 1:

A condição de verificação foi satisfeita, conclui se que o condutor H07V-U 3G25 +16 alojado em tubo VD 40mm, serve para a protecção por fusível de 80 A.

- **Cálculo da resistência do cabo**

Resistência do cabo a jusante

De QP1 até ao motor 1 o cabo alimentador será de 15 metros de comprimento, o valor de resistividade do material é obtido na tabela do anexo 4.

Resistência do cabo a montante

A montante de QP1 temos o respectivo alimentador cujo valor de resistência foi anteriormente calculado e igual a 0.082524Ω , à temperatura de 35°C .

Cálculo da resistência do cabo a jusante a 20°C

$$l = 15 \text{ m} ; S_n = 25 \text{ mm}^2 ; R = \frac{0.734\Omega}{\text{km}} \text{ (Anexo 16 – 24)} ; R_{j20^\circ\text{C}} = ? ;$$

$$R_{j20^\circ\text{C}} = \frac{3 \times l \times R}{1000} = 0.03303 \Omega \quad (26)$$

Correção da resistência do cabo a jusante devido a temperatura

$$R_{j35^\circ\text{C}} = R_{j20^\circ\text{C}} \times [1 + \alpha(T_f - T_i)] \quad (27)$$

$$R_{j35^\circ\text{C}} = 0.0350118 \Omega$$

$$R_{tc} = R_m + R_j \quad (28)$$

$$R_{j35^\circ\text{C}} = 0.1175358\Omega$$

- **Cálculo da corrente de curto-circuito**

Dados:

$$U_n = 400\text{V} \quad R_{tc} = 0.1175358\Omega \quad I_{cc} = ?$$

$$I_{cc} = \frac{U_n}{R_{tc}} \quad (29)$$

$$I_{cc} = \frac{400}{0.024372} = 3403.21 \text{ A} = 3.4 \text{ kA}$$

- **Cálculo do tempo de actuação do dispositivo de protecção ou de duração de curto-circuito**

Atendendo ao ponto 434.3.2 do RTIEBT, que nos fornece $K = 115$ para condutores de cobre isolados a policloreto de vinilo, a canalização suporta I_{cc} sem danificação durante o tempo de actuação (t_{act}).

Dados:

$$K = 115; \quad I_{cc} = 3.4 \text{ kA}; \quad t_{act} = ?$$

$$t_{act} = \left[K \times \left(\frac{S_n}{I_{cc}} \right) \right]^2 \quad (30)$$

$$t_{act} = \left[115 \times \left(\frac{25}{3403.21} \right) \right]^2 = 0.71 \text{ s}$$

Segundo o mesmo ponto do RTIEBT, o tempo de corte do dispositivo de protecção, deve ser inferior a 5 segundos. Nestes termos a canalização está protegida.

$$t_{act} < 5 \text{ s} \quad (31)$$

$$0.031 \text{ s} < 5 \text{ s} \quad \text{Condição verificada}$$

- **Determinação da queda de tensão no cabo**

A queda de tensão será entre os três condutores de fase:

$$\Delta_u = \frac{\sqrt{3} \times \rho \times l \times I_s \times \cos \varphi}{S_n} \quad (32)$$

$$\Delta_u = \frac{\sqrt{3} \times 0.0178 \times 25 \times 62.11 \times 0.8}{25} = 1.53 \text{ V}$$

$$\Delta_{u\%} = \frac{\Delta_u}{U} \times 100\% \quad (33)$$

$\Delta_{u\%}$: Queda de tensão percentual ; U : Tensão de linha

$$\Delta_{u\%} = \frac{\Delta_u}{U} \times 100\% = \frac{1.53}{400} \times 100\% = 0.00383\%$$

- **Escolha do DR**

$$I_{nDR} \geq I_s \quad (34)$$

$$I_{nDR} \geq 62.11 \text{ A}$$

Recorrendo a Tabela A5.4-10 do anexo 5, escolhemos o DR com sensibilidade 30 mA (alta sensibilidade), corrente nominal 80A (devido ao valor nominal do fusível) e 4 módulos.

Comentário 3:

Segundo o quadro 520 do RTIEBT referente a quedas de tensão máximas admissíveis, recomenda um máximo de 8% em outros usos diferente de iluminação, para instalações alimentadas a partir de um posto de transformação MT/BT, deste modo, pode se concluir que a queda de tensão acima calculada é admissível.

4.2.1.2. Tipo 2: Lavadora e secadora ($P_n = 30 \text{ CV}$)

Trata se de dois motores com a mesma potência e parâmetros eléctricos;

- **Potência no eixo do motor (P_{eim})**

$$(11)$$

$$P_{eim} = 30 \times 0.85 = 25.5 \text{ CV}$$

Foi usado um fator de utilização (K_u) igual a 0.85. [Anexo 1, Tabela A1.1-1]

- **Potência de entrada (P_e)**

(12), (13), (13) e (15)

$$P_e = 20.30 \text{ kW}$$

$$S = 25.38 \text{ kVA}$$

Temos dois motores com a potência de 30 cv, portanto, a potência aparente total será multiplicada pelo fator de simultaneidade respectivo. [Anexo 1, Tabela A1.2-1]

$$S_{\text{total}} = 40.61 \text{ kVA}$$

- **Cálculo Corrente de serviço**

(16)

$$I_s = \frac{20.30 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.8} = 36.63 \text{ A}$$

- **Cálculo da secção do condutor**

Considerando o condutor H07V-U, método de referência B

$$S_n = 16 \text{ mm}^2 \quad I_z = 68 \text{ A} \quad [\text{Anexo 3, Tabela A3.2-6}]$$

- **Correção da Corrente máxima admissível**

(17) [Anexo 3, Tabela A3.3-7]

$$(I_z)_{\text{corrigida}} = 63.92 \text{ A}$$

- **Protecção contra curto circuito**

O dispositivo de protecção seleccionado é o fusível de categoria aM, retardado, tipo NH. A selecção de respectivo valor nominal de corrente será conforme os critérios anteriormente descritos.

Prevê-se que os motores arranquem em Estrela Triângulo (diagramas de força e comando nos apêndices).

$$\frac{I_p}{I_n} = 7 \quad ; \quad t_p = 10 \text{ s} \quad I_n = 36.63 \text{ A}$$

(18)

$$I_p = 84.62 \text{ A}$$

1º critério de escolha de fusível:

Plotando $(I_p; t_p)$ na curva característica do fusível NH (Anexo 5, Tabela A5.2-9), seleccionamos o fusível de 35 A.

2º Critério de escolha de fusível:

(19)

Devido ao segundo critério deve se alterar o Fusível para 50A.

2º Critério de escolha de fusível:

(20)

$$K1 = K2 \rightarrow \text{CWM25} ; I_{\text{FMAX}} = 50\text{A}$$

(21)

$$K3 \rightarrow \text{CWM18} ; I_{\text{FMAX}} = 35\text{A} \quad [\text{Anexo 7, Tabela A7.1} - 12]$$

(22)

$$\text{Relé termico: RW27} - 1\text{D3} - \text{U023} \quad I_{\text{FMAX}} = 50\text{A} \quad [\text{Anexo 7, Tabela A7.3} - 14]$$

$$I_s \leq I_n \leq (I_z)_{\text{real}} \quad 36.63 \text{ A} \leq 50 \text{ A} \leq 63.92 \text{ A} \quad \text{Condição verificada}$$

$$I_2 \leq 1.45(I_z)_{\text{real}} \quad \text{Condição por verificar}$$

$$I_2 = 1.3 \times I_n \quad I_2 = 1.3 \times 50 \text{ A} \quad I_2 = 65 \text{ A}$$

$$1.45(I_z)_{\text{real}} = 1.45 \times 63.92 \text{ A} = 92.68 \text{ A}$$

Verificação da 2ª condição

$$65 \text{ A} \leq 92.68 \text{ A} \quad \text{Condição verificada}$$

Comentário 1:

A condição de verificação foi satisfeita, conclui-se que o cabo H07V-U 3G16+10 em tubo VD 32 mm, serve para a protecção por fusível de 50 A.

Cálculo da resistência do cabo**Resistência a montante**

A montante de QP1 temos o respectivo alimentador cujo valor de resistência foi anteriormente calculado e igual a 0.082524Ω , à temperatura de 35°C .

Cálculo da resistência do cabo a jusante a 20°C

$$l = 20\text{m} \quad ; \quad S_n = 16\text{mm}^2 \quad ; \quad R = \frac{1.16\Omega}{\text{km}} \quad (\text{Anexo 26 - 25}) \quad ; \quad R_{c20^{\circ}\text{C}} = ?$$

(26)

$$R_{j20^{\circ}\text{C}} = 0.0696\Omega$$

Correção da resistência do cabo a jusante devido a temperatura

O valor de coeficiente de temperatura para condutores de cobre é de 0,004. (Anexo 4)

Dados:

$$R_{j20^{\circ}\text{C}} = 0.0696 \Omega \quad \alpha = 0.004 \quad T_i = 20^{\circ}\text{C} \quad T_f = 35^{\circ}\text{C} \quad R_c = ?$$

(27)

$$R_{j35^{\circ}\text{C}} = 0.0841046 \Omega$$

- **Cálculo da resistência total do cabo**

(28)

$$R_{tc} = 0.166628 \Omega$$

- **Cálculo da corrente de curto-circuito**

(29)

$$I_{cc} = 2.4 \text{ kA}$$

- **Cálculo do tempo de actuação do dispositivo de protecção ou de duração de curto-circuito**

Atendendo ao ponto 434.3.2 do RTIEBT, que nos fornece $K = 115$ para condutores de cobre isolados a policloreto de vinilo, a canalização suporta I_{cc} sem danificação durante o tempo de actuação (t_{act}).

Dados:

$$K = 115; \quad I_{cc} = 2.4 \text{ kA}; \quad t_{act} = ?$$

(30)

$$t_{act} = 0.59 \text{ s}$$

Segundo o mesmo ponto do RTIEBT, o tempo de corte do dispositivo de protecção, deve ser inferior a 5 segundos. Nestes termos a canalização está protegida.

$$(31) \quad \rightarrow \quad 0.59 \text{ s} < 5 \text{ s} \quad \text{Condição verificada}$$

- **Determinação da queda de tensão**

A queda de tensão será entre os três condutores de fase:

(32)e (33)

$$\Delta_{u\%} = 0.45\%$$

Comentário:

Segundo o quadro 520 do RTIEBT referente à quedas de tensão máximas admissíveis, recomenda um máximo de 8% em outros usos diferente de iluminação, para instalações alimentadas a partir de um posto de transformação MT/BT, deste modo, pode se concluir que a queda de tensão acima calculada é admissível.

- **Escolha do DR**

(34)

Recorrendo ao anexo 30-28 escolhemos o DR com sensibilidade 30 mA (alta sensibilidade), corrente nominal 63A (devido ao valor nominal do fusível) e 4 módulos.

4.2.1.3. Tipo 3: (Esteira de alimentação, Rosca transportadora e tanque de descontaminação) ($P_n = 2 \text{ cv}$)

Trata se quatro (4) motores redutores, um (1) na esteira de alimentação, um (1) na rosca transportadora e dois (2) no tanque de descontaminação.

- **Potência no eixo do motor (P_{eim}):**

(11)

$$P_{eim} = 2 \times 0.70 = 1.4 \text{ cv}$$

Foi usado um fator de utilização (K_u) igual a 0.70 [Anexo 1, Tabela A1.1-1]

- **Potência de entrada (P_e):**

(12), (13), (14) e (15)

$$P_e = 1.24 \text{ kW}$$

$$S = 1.85 \text{ kVA}$$

Temos quatro (4) motores com a potência de 2 cv, portanto, a potência aparente total será multiplicada pelo fator de simultaneidade respectivo. [Anexo 1, Tabela A1.2-1]

$$S_{\text{total}} = 5.92 \text{ kVA}$$

- **Cálculo da Corrente de serviço**

(16)

$$I_s = \frac{1.85 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 40 \times 0.8} = 3.33 \text{ A}$$

- **Cálculo da secção do condutor**

Considerando o condutor H07V-U, método de referência B

$$S_n = 2.5 \text{ mm}^2 \quad I_z = 21 \text{ A} \quad [\text{Anexo 3, Tabela A3.2-6}]$$

- **Correção da Corrente máxima admissível**

(17)

$$(I_z)_{\text{corrigida}} = 19.74 \text{ A}$$

- **Protecção contra curto circuito**

O dispositivo de protecção seleccionado é o fusível de categoria aM, retardado, tipo NH. A seleção de respectivo valor nominal de corrente será conforme os critérios de seleção de fusíveis anteriormente descritos usados.

Prevê-se que os motores arranquem directamente (diagramas de força e comando nos apêndices).

$$\frac{I_p}{I_n} = 7.8 \quad ; \quad t_p = 10s \quad I_n = 3.33 A$$

(18)

$$I_p = 25.97 A$$

1º critério de escolha de fusível:

Plotando $(I_p; t_p)$ na curva característica do fusível NH, selecionamos o fusível de 6 A.

2º Critério de escolha de fusível:

(19)

$$16 \geq 4 A \quad \text{Verifica}$$

3º Critério de escolha de fusível:

$$I_F \leq I_{FMAX}$$

$$I_{FMAX}(\text{contactor}) = 25A \rightarrow \text{CWM9} \quad ; \quad K1 \geq I_n = 3.33A \quad [\text{Anexo 7, Tabela A7.1 – 12}]$$

$$I_{FMAX}(\text{Relé termico}) = 16A \rightarrow \text{RW17 – 2D3 – U017} \quad ; \quad I_{FT} = I_n = 3.33A \quad [\text{Anexo 7, Tabela A7.3-14}]$$

$$I_s \leq I_n \leq (I_z)_{\text{real}} \quad 2.25 A \leq 16 A \leq 19.74 A \quad \text{Condição verificada}$$

$$I_2 \leq 1.45(I_z)_{\text{real}} \quad \text{Condição por verificar}$$

$$I_2 = 1.3 \times I_n \quad I_2 = 1.3 \times 16 A \quad I_2 = 20.8 A$$

$$1.45(I_z)_{\text{real}} = 1.45 \times 19.74 A = 28.62 A$$

Verificação da 2ª condição:

$$20.8 A \leq 28.62 A \quad \text{Condição verificada}$$

Comentário 1: A condição de verificação foi satisfeita, conclui-se que o cabo H07V-U 3G2.5 em tubo VD 20mm, serve para a protecção por fusível de 16 A.

- **Cálculo da resistência do cabo**

Resistência a montante

A montante de QP1 temos o respectivo alimentador cujo valor de resistência foi anteriormente calculado e igual a 0.082524Ω , à temperatura de 35°C .

Cálculo da resistência do cabo a jusante a 20°C

$$l = 18\text{m} \quad ; \quad S_n = 2.5 \text{ mm}^2 \quad ; \quad R = \frac{7.35 \Omega}{\text{km}} \quad (\text{Anexo 26 – 25}) \quad ; \quad R_{c20^\circ\text{C}} = ? ;$$

(26)

$$R_{j20^\circ\text{C}} = 0.3969 \Omega$$

Correção da resistência do cabo a jusante devido a temperatura

O valor de coeficiente de temperatura para condutores de cobre é de 0,004. Ver anexo 8-7.

Dados:

$$R_{j20^\circ\text{C}} = 0.3969\Omega \quad \alpha = 0.004 \quad T_i = 20^\circ\text{C} \quad T_f = 35^\circ\text{C} \quad R_c = ?$$

(27)

$$R_{j35^\circ\text{C}} = 0.42071 \Omega$$

Cálculo da resistência total do cabo

(28)

$$R_{tc} = 0.50323 \Omega$$

- **Cálculo da corrente de curto-circuito**

Dados:

$$U_n = 400\text{V} \quad R_{tc} = 0.50323\Omega \quad I_{cc} = ?$$

(29)

$$I_{cc} = 0.794 \text{ kA}$$

- **Cálculo do tempo de actuação do dispositivo de protecção ou de duração de curto-circuito**

Atendendo ao ponto 434.3.2 do RTIEBT, que nos fornece $K = 115$ para condutores de cobre isolados a policloreto de vinilo, a canalização suporta I_{cc} sem danificação durante o tempo de actuação (t_{act}).

Dados:

$$K = 115; \quad I_{cc} = 2.57 \text{ kA}; \quad t_{act} = ? ;$$

(30)

$$t_{act} = 0.13 \text{ s}$$

Segundo o mesmo ponto do RTIEBT, o tempo de corte do dispositivo de protecção, deve ser inferior a 5 segundos. Nestes termos a canalização está protegida.

$$(31) \quad \rightarrow \quad 0.13 \text{ s} < 5 \text{ s} \quad \text{Condição verificada}$$

- **Determinação da queda de tensão**

A queda de tensão será entre os três condutores de fase:

$$(32) \text{ e } (33)$$

$$\Delta_{u\%} = 0.09\%$$

Comentário:

Segundo o quadro 520 do RTIEBT referente a quedas de tensão máximas admissíveis, recomenda um máximo de 8% em outros usos diferente de iluminação, para instalações alimentadas a partir de um posto de transformação MT/BT, deste modo, pode se concluir que a queda de tensão acima calculada é admissível.

- **Escolha do DR**

$$(34)$$

$$I_{nDR} \geq 13.32 \text{ A}$$

Recorrendo ao anexo 5, Tabela A5.4-10 30-28, escolhemos o DR com sensibilidade 30 mA (alta sensibilidade), corrente nominal 25A e 4 módulos.

4.2.2. Exaustores

- **Dimensões do galpão**

$$V_g = C \times L \times H \quad (35) \quad ; \quad V_{zg} = V_g \times k \quad (36)$$

Comprimento (C): 32 m ; Largura (L): 17 m ; Altura(H): 7.8 m

V_g : Volume do galpão (m^3) ; V_{zg} : Vazão do galpão (m^3/h)

k: Número de vezes em que se efectua a troca de ar por hora (Para fábrica varia de 10 a 20)

Cálculo de volume e vazão do galpão

$$V_g = 32 \times 17 \times 7.8 = 4243.20 \text{ m}^3 \quad ;$$

$$V_{zg} = 4243.20 \times 15 = 63648 \text{ m}^3/h$$

Cálculo do número de exaustores

$$N_e = \frac{V_{zg}}{C} \quad (37)$$

C: Capacidade do exaustor escolhido ; N_e : Número de exaustores

Características do exaustor escolhido:

EQ700T6(Siemens)P = 2 kW = 2.72CV ; $C = \frac{220m^3}{m} = \frac{13200m^3}{h}$; Rotação: 1150 rpm ; $U_n = 380V$; $I_n = 3.2A$; [Anexo10, Tabela A10-21]

$$N_e = \frac{63648}{13200} = 4.8 \cong 5$$

Comentário:

Significa que, para a constante renovação do ar na área industrial, usando o exaustor com as características acima referenciado, será necessário a instalação de 5 unidades.

- **Potência de entrada (P_e)**

(12) e (13)

$$P_e = 1.66kW$$

Cálculo do factor de potência

(6)

$$\cos \varphi = 0.95$$

- **Potência aparente (S):**

(4)

$$S = \frac{1.66 \times 10^3}{0.95} = 1.75 \text{ kVA}$$

Temos cinco (5) motores com a potência de 2.72 CV, portanto, a potência aparente total será multiplicada pelo fator de simultaneidade respectivo. [Anexo1]

$$S_{total} = 6.56 \text{ kVA}$$

- **Cálculo da corrente de serviço**

(16)

$$I_s = 3 \text{ A}$$

- **Cálculo da secção do condutor**

Considerando cabo H07VV-U 3G2.5 instalado em à vista (Método de referência B).

$$S_n = 2.5 \text{ mm}^2 \quad I_z = 21 \text{ A} \quad [\text{Anexo 3, Tabela A3.2-6}]$$

- **Correção da Corrente máxima admissível**

(17)

$$(I_z)_{\text{corrigida}} = 21 \times 0.94 = 19.74 \text{ A}$$

- **Protecção contra curto circuito**

$$I_s \leq I_n \leq (I_z)_{\text{real}} \quad 2.53 \text{ A} \leq 16 \text{ A} \leq 19.74 \text{ A} \quad \text{Condição verificada}$$

$$I_2 \leq 1.45(I_z)_{\text{real}} \quad \text{Condição por verificar}$$

$$I_2 = 1.3 \times I_n \quad I_2 = 1.3 \times 16 \text{ A} \quad I_2 = 20.8 \text{ A}$$

$$1.45(I_z)_{\text{real}} = 1.45 \times 19.74 \text{ A} = 28.62 \text{ A}$$

Verificação da 2ª condição:

$$20.8 \text{ A} \leq 28.62 \text{ A} \quad \text{Condição verificada}$$

Comentário 1:

A condição de verificação foi satisfeita, conclui se que o cabo H07V-U 3G2.5 em tubo VD 20mm, serve para a protecção por fusível de 16 A.

- **Cálculo da resistência do cabo**

Resistência a montante

A montante de QP2 temos o respectivo alimentador cujo valor de resistência foi anteriormente calculado e igual a 0.304557Ω , à temperatura de 35°C

Cálculo da resistência do cabo a jusante a 20°C

$$l = 36 \text{ m} ; S_n = 2.5 \text{ mm}^2 ; R = \frac{7.35\Omega}{\text{km}} \text{ (Anexo 26 – 25)} ; R_{j20^\circ\text{C}} = ?$$

(26)

$$R_{j20^\circ\text{C}} = 0.7938 \Omega$$

Correção da resistência do cabo a jusante devido a temperatura

O valor de coeficiente de temperatura para condutores de cobre é de 0,004. [Anexo 4]

Dados:

$$R_{j20^\circ\text{C}} = 0.0174\Omega \quad \alpha = 0.004 \quad T_i = 20^\circ\text{C} \quad T_f = 35^\circ\text{C} \quad R_c = ?$$

(27)

$$R_{j35^\circ\text{C}} = 0.84143 \Omega$$

Cálculo da resistência total do cabo

(28)

$$R_{tc} = 1.14598 \Omega$$

- **Cálculo da corrente de curto-circuito**

Dados:

$$U_n = 400\text{V} \quad R_{tc} = 1.14598\Omega \quad I_{cc} = ?$$

(29)

$$I_{cc} = \frac{U_n}{R_{tc}} = 0.349 \text{ kA}$$

- **Cálculo do tempo de actuação do dispositivo de protecção ou de duração de curto-circuito**

Atendendo ao ponto 434.3.2 do RTIEBT, que nos fornece $K = 115$ para condutores de cobre isolados a policloreto de vinilo, a canalização suporta I_{cc} sem danificação durante o tempo de actuação (t_{act}).

Dados:

$$K = 115; \quad I_{cc} = 0.349 \text{ kA}; \quad t_{act} = ? ;$$

(30)

$$t_{act} = 0.67 \text{ s}$$

Segundo o mesmo ponto do RTIEBT, o tempo de corte do dispositivo de protecção, deve

ser inferior a 5 segundos. Nestes termos a canalização está protegida.

$$t_{act} < 5 \text{ s} \quad \rightarrow \quad 0.67 \text{ s} < 5 \text{ s} \quad \text{Condição verificada}$$

- **Determinação da queda de tensão**

A queda de tensão será entre os três condutores de fase:

(32) e (33)

$$\Delta_{u\%} = 0.052\%$$

Comentário:

Segundo o quadro 520 do RTIEBT referente á quedas de tensão máximas admissíveis, recomenda um máximo de 8% em outros usos diferente de iluminação, para instalações alimentadas a partir de um posto de transformação MT/BT, deste modo, pode se concluir que a queda de tensão acima calculada é admissível e pode se inferir que as 5 restantes canalizações estejam na mesma condição dado que o cálculo acima, foi feito considerando a situação mais desfavorável (o exaustor mais afastado do quadro).

4.2.3. Climatização

Segundo o RSIUEE, recomenda o uso da densidade de potência abaixo, para circuitos de climatização:

$$P_{Clim} = 80 \text{ VA/m}^2$$

$$P_{Clim} = (\text{Area sala administrativa} + \text{Escritorio}) * 80 \text{ VA/m}^2 \quad (38)$$

$$P_{Clim} = (13.39 + 14.37) * 80 = 2261.6 \text{ VA}$$

Serão usados ar condicionados de 9000 BTU, potência eléctrica de 1.5 kW, para cada um dos compartimentos.

- **Cálculo da corrente de serviço**

(16)

$$I_s = 7.8 \text{ A}$$

- **Cálculo da secção do condutor**

Considerando condutores H07V-U instalado em tubo VD embebidos em elementos de construção, em alvenaria isolados temos:

$$S_n = 2.5 \text{ mm}^2 \quad I_z = 24 \text{ A} \quad [\text{Anexo 3, Tabela A3.2 – 6}]$$

- **Correção da Corrente máxima admissível**

(17)

$$(I_z)_{\text{corrigida}} = 22.56 \text{ A}$$

- **Protecção contra sobrecarga**

$$I_s \leq I_n \leq (I_z)_{\text{real}} \quad 7.8 \text{ A} \leq 16 \text{ A} \leq 22.56 \text{ A} \quad \text{Condição verificada}$$

$$I_2 \leq 1.45(I_z)_{\text{real}} \quad \text{Condição por verificar}$$

$$I_2 = 1.3 \times I_n \quad I_2 = 1.3 \times 16 \text{ A} \quad I_2 = 20.8 \text{ A}$$

$$1.45(I_z)_{\text{real}} = 1.45 \times 14 \text{ A} = 20.31 \text{ A}$$

$$I_2 \leq 1.45(I_z)_{\text{real}} \quad ; \quad 20.8 \leq 32.71 \text{ A} \quad \text{Condição verificada}$$

Condutor: H07V-U 3G2.5

Tubo: VD 20mm de diâmetro

Comentário 1:

A condição de verificação foi satisfeita, conclui-se que o cabo H07V – U 3G2.5 em tubo VD 20mm, serve para a protecção por disjuntor de 16 A.

- **Cálculo da resistência**

Resistência a montante

A montante de QP2 temos o respectivo alimentador cujo valor de resistência foi anteriormente calculado e igual a 0.304557Ω , à temperatura de 35°C

- **Cálculo da resistência do cabo a jusante a 20°C**

$$l = 35 \text{ m} ; S_n = 2.5 \text{ mm}^2 ; R = \frac{1.16\Omega}{\text{km}} \quad (\text{Anexo 26 – 25}) ; R_{c20^\circ\text{C}} = ?$$

(26)

$$R_{j20^\circ\text{C}} = 0.12108\Omega$$

Correção da resistência do cabo a jusante devido a temperatura

O valor de coeficiente de temperatura para condutores de cobre é de 0,004. [Anexo 4]

Dados:

$$R_{j20^{\circ}\text{C}} = 0.12108\Omega \quad \alpha = 0.004 \quad T_i = 20^{\circ}\text{C} \quad T_f = 35^{\circ}\text{C} \quad R_c = ?$$

(24)

$$R_{j35^{\circ}\text{C}} = 0.136854\Omega$$

Cálculo da resistência total do cabo

(28)

$$R_{tc} = 0.4414 \Omega$$

- **Cálculo da corrente de curto-circuito**

Dados:

$$U_n = 400\text{V} \quad R_{tc} = 0.4414\Omega \quad I_{cc} = ?$$

(31)

$$I_{cc} = 0.906 \text{ kA}$$

- **Cálculo do tempo de actuação do dispositivo de protecção ou de duração de curto-circuito**

Atendendo ao ponto 434.3.2 do RTIEBT, que nos fornece $K = 115$ para condutores de cobre isolados a policloreto de vinilo, a canalização suporta I_{cc} sem danificação durante o tempo de actuação (t_{act}).

Dados:

$$K = 115 \quad ; \quad I_{cc} = 0.906 \text{ kA} \quad ; \quad t_{act} = ?$$

(30)

$$t_{act} = 0.1 \text{ s}$$

Segundo o mesmo ponto do RTIEBT, o tempo de corte do dispositivo de protecção, deve ser inferior a 5 segundos. Nestes termos a canalização está protegida.

$$(31) \quad \rightarrow \quad 0.1 \text{ s} < 5 \text{ s} \quad \text{Condição verificada}$$

- **Determinação da queda de tensão**

A queda de tensão será entre os três condutores de fase:

(30) e (31)

$$\Delta_{u\%} = 0.74\% \quad ; \quad \text{A queda de tensão em causa é admissível.}$$

4.2.4. Bomba eléctrica

Prevê-se que seja instalada uma bomba de água, para distribuição a partir de um tanque com capacidade iguas 5 mil litros. Segundo recomendações do fabricante das máquinas

de linha de produção, será necessária uma fonte de água com vazão igual 15m³/hora (250l/min).

$$P = \frac{Q \times H}{75 \times \eta} \text{ [CV]} \quad (39)$$

Q: Caudal ($\frac{l}{s}$)

H: Altura manométrica (m)

η : Rendimento do motor

$$P = \frac{4.17 \times 8}{75 \times 0.7} = 0.635 \text{ kVA}$$

No catalogo de bombas centrifugas [Anexo 14] selecionou se a bomba trifásica HF50A com uma potência de 0.55kW, e poderá ser montada a uma altura de 8 metros.

4.2.5. Iluminação Interior

I. Geral

No anexo 25 poderá encontrar a tabela com o cálculo luminotécnico. Os detalhes de iluminação foram descritos na memória descritiva.

4.2.6. Iluminação exterior

Foi escolhida a iluminação por lâmpadas de descarga, vapor de metálico, dada a sua elevada economia energética e tempo de vida, para além da sua comprovada aplicação em ambientes exteriores (ruas, parques, rodovias, monumentos).

Para o funcionamento eficaz destas lâmpadas, é necessário associar dispositivos que limitam a passagem da corrente resultado de variação de impedância que por consequência podem gerar altas tensões prejudiciais ao seu funcionamento. Estes dispositivos são os reactores electrónicos.

Foram projectadas seis (6) luminárias usando lâmpadas de vapor metálico com potência de 250W e reactor com 30W de perdas [Anexo 8, Tabela A8.3-17].

$$P_{il\text{ext}} = \frac{F_m \times \Sigma N_l \times (P_l + \frac{P_r}{\cos \varphi})}{1000} \text{ [kVA]} \quad (40)$$

$P_{il\text{ext}}$: Potência de iluminacao exterior

F_m : factor de multiplicação para compensar perdas do reactor e harmónicas

N_l : Numero de lâmpadas

P_l : potência nominal da lâmpada

P_r : Perdas dos reactores

$$P_{l\text{ext}} = \frac{1 \times 6 \times (250 + \frac{30}{0.95})}{1000} = 1.69 \text{kVA}$$

Em conformidade com o artigo 73 do RSRDEEBT, que impõe a distância de condutores ao solo não inferior a 6 metros em travessias aéreas de estradas, ruas ou caminhos, públicos ou particulares, com trânsito de veículos automóveis ou de tracção animal.

A profundidade mínima de enterramento em metros deverá ser igual a $0.1 \times H + 0.5$, sendo H a altura total do poste. Neste caso a altura escolhida foi de 6 metros, a profundidade será:

$$\text{Profundidade} = 0.1 \times H + 0.5 \quad (41)$$

$$\text{Profundidade} = 0.1 \times 6 + 0.5 = 1.1 \text{ metros}$$

O vão entre os postes será de 30 metros.

A alimentação das luminárias será através de cabo VAV $3 \times 2.5 \text{mm}^2$ embutido em tubo VD 25mm e enterrado a uma profundidade de 0,7m. As mesmas serão acionadas por um contactor controlado por uma fotocélula alimentada pelo disjuntor de iluminação exterior no quadro parcial 2.

A distribuição das luminárias poderá ser encontrada nas peças desenhadas.

4.3. Dimensionamento do posto de transformação

4.3.1. Lado de alta tensão

- **Cálculo da secção do condutor**

Para linhas de transmissão e distribuição aérea, a EDM usa condutores de liga de alumínio denominados CAL em português ou AAAC em inglês.

Os cabos de alumínio mais usados em Moçambique são:

SUIRREL - Secção 24.5mm^2

FERREL – Secção 49.48mm^2

MINK – Secção 3.57mm²

$$I_1 = \frac{S_n}{\sqrt{3} \times U_1} = \frac{78.55 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 33 \times 10^3} = 1.374 \text{ A} \quad (3)$$

Em seguida selecionamos o cabo Squirrel de secção total 24.5 mm², de acordo com a Tabela A12-23 do anexo 12.

- **Cálculo dos parâmetros da linha de média tensão desde a linha principal até à subestação da indústria**

A linha principal de média tensão mais próxima à indústria, dista cerca de 500 metros. Portanto, será necessário implantar uma linha de interligação cujos parâmetros seguem em dimensionamento:

Para as linhas de comprimento menor que 80 km, apenas a resistência e reactância em série são incluídas, isto é, a admitância da linha é desprezível [10].

- **Cálculo da resistência eléctrica (R_L) para a distância (l) de 500 metros**

$$R_\theta = R_{c20^\circ\text{C}} \times [1 + \alpha_{c20^\circ\text{C}}(\theta_{\text{local}} - 20)] \quad (42)$$

$$R_{c20^\circ\text{C}} = 1.3659 \Omega/\text{km} \quad \text{e} \quad \alpha_{c20^\circ\text{C}} = 0.00390 \quad [\text{Anexo 8-7}]$$

$$R_\theta = 1.3659 \times [1 + 0.00390(35 - 20)] = 1.445 \Omega/\text{km}$$

$$R_L = R_\theta \times l \quad (43)$$

$$R_L = 1.445 \times 0.5 = 0.7229 \Omega$$

- **Cálculo da reactância (X_L) para a distância (l) de 500 metros**

$$X_L = 4\pi \times 10^{-7} \times f \times \ln \frac{D_{\text{mg}}}{r_{\text{mg}}} \left(\frac{\Omega}{\text{m}} \right) \quad (44)$$

Nas linhas de média tensão temos a configuração em esteira horizontal e as distâncias apresentadas a seguir:

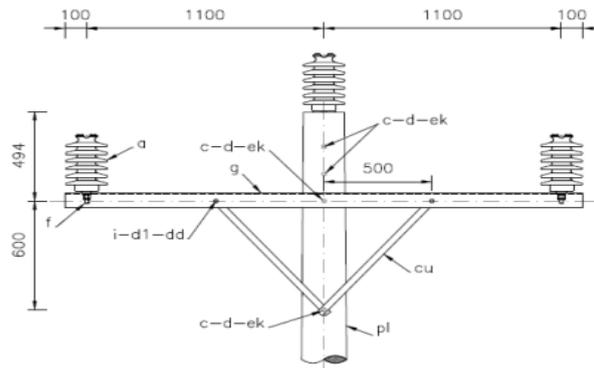


Figura 6 Configuração de linha eléctrica em esteira [6]

As distancias entre fase são:

$D_{12} = 1100$ mm: Distância entre a fase 1 e a fase 2

$D_{23} = 1100$ mm: Distância entre a fase 2 e a fase 3

$D_{13} = 2200$ mm: Distância entre a fase 1 e a fase 3

$$D_{mg} = \sqrt[3]{D_{12} \times D_{23} \times D_{13}} \quad (45)$$

$$r_{mg} = r \times e^{-\frac{1}{4}} \quad (46)$$

Em seguida substituímos nas equações (45) e (46):

$$D_{mg} = \sqrt[3]{1.1 \times 1.1 \times 2.2} = 1385 \text{ mm}$$

$$r_{mg} = \frac{D}{2} \times 0.7788 = \frac{6.33}{2} \times 0.7788 = 2.464 \text{ mm}$$

Em seguida pode se substituir na equação (44):

$$X_L = 4\pi \times 10^{-7} \times 50 \times \ln\left(\frac{1385}{2.464}\right) = 3.976 \times 10^{-4} \left(\frac{\Omega}{\text{m}}\right) = 0.3976 \Omega/\text{km}$$

Iremos assumir um acréscimo de 15% do comprimento da linha, por forma a compensar os vãos e flechas entre os apoios. Deste modo a reactância da linha fica:

$$X_L = 0.3976 \times 0.575 = 0.2286 \Omega$$

Impedância da linha:

$$Z = R + jX \quad (47)$$

$$Z = 0.7229 + j0.2286 = 0.7581 \angle 17.548^\circ$$

- **Determinação da queda de tensão**

$$\Delta_u = \sqrt{3} \times I_s \times (R_L \times \cos \varphi + X_L \sin \varphi) \quad (48)$$

$$\Delta_u = \sqrt{3} \times 1.374 \times (0.7229 \times \cos 17.548 + 0.2286 \times \sin 17.548) = 3.369 \text{ V}$$

(31)

$$\Delta_{u\%} = 0.00007145\%$$

Comentário:

O RSRDLAAT exige que a queda de tensão não ultrapasse 5% da tensão nominal (33kV), segundo os cálculos acima obteve se uma queda de tensão percentual de 0.010%, logo a ligação no lado primário será feita por 3 condutores AAAC (Squirrel) 3x24.5mm².

- **Dispositivos de proteção**

- I. **Para raios**

Para o nível de tensão 33 kV, iremos selecionar o para raios de 30 kV, consultado no anexo 10-9.

- II. **Drop outs.**

Será usado um drop out com as características eléctricas abaixo descritas, segundo o anexo 11-9:

Tensão de fabrico 27 kV;	Tensão nominal: entre 26 kV e 35 kV
Corrente nominal: 100 A	Capacidade de corte 8 kA
Tensão de choque: 150 kV	Distância de fuga 432 mm

4.3.2. Lado de baixa tensão

- **Dimensionamento do cabo entre o transformador e o Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT)**

(3)

$$I_2 = \frac{S_n}{\sqrt{3} \times U_2} = 144.34 \text{ A}$$

Considerando um cabo VAV com 4 condutores, instalado ao ar, temos:

$$S_n = 70 \text{ mm}^2 \quad I_z = 195 \text{ A} \quad [\text{Anexo 2, Tabela A2.2-3}]$$

- **Correção da Corrente máxima admissível (Para temperatura de 35°C)**

(17)

$$(I_z)_{\text{corrigida}} = 159.9 \text{ A} \quad [\text{Anexo 2, Tabela A2.1-2}]$$

- **Protecção contra sobrecarga**

$$I_s \leq I_n \leq (I_z)_{\text{real}} \quad 144.34A \leq 160 A \leq 159.9 A \quad \text{Condição não verificada}$$

Passamos para a secção imediatamente seguinte:

$$S_n = 95 \text{ mm}^2 \quad I_z = 235 A$$

- **Correcção da Corrente máxima admissível (Para temperatura de 35°C)**

(18)

$$(I_z)_{\text{corrigida}} = 192.7 A \quad [\text{Anexo 2, Tabela A2.1-2}]$$

$$I_s \leq I_n \leq (I_z)_{\text{corrigida}} \quad 144.34 A \leq 160 A \leq 192.7 A \quad \text{Condição verificada}$$

$$I_2 \leq 1.45(I_z)_{\text{corrigida}} \quad \text{Condição por verificar}$$

$$I_2 = 1.3 \times I_n \quad I_2 = 1.3 \times 160 A \quad I_2 = 208 A$$

$$1.45(I_z)_{\text{corrigida}} = 1.45 \times 192.7 A = 279.42 A$$

$$I_2 \leq 1.45(I_z)_{\text{corrigida}} \quad ; \quad 208 \leq 279.42 A \quad \text{Condição verificada}$$

Comentário 2:

A condição de verificação foi satisfeita, conclui-se que o cabo VAV de 3x95+50mm² serve para a protecção por disjuntor de 160 A.

Cálculo da resistência do cabo

Resistência a jusante

Do transformador até a entrada do disjuntor o cabo terá um comprimento de 7 metros, o valor da resistência máxima do cabo é obtido na tabela do anexo 2, Tabela A2.3-4

Dados:

$$l = 7 \text{ m} \quad ; \quad S_n = 95 \text{ mm}^2 \quad ; \quad R = \frac{0.195 \Omega}{\text{km}} \quad (\text{Anexo 26 - 25}) \quad ; \quad R_{j20^\circ\text{C}} = ?$$

(26)

$$R_{j20^\circ\text{C}} = 0.004095 \Omega$$

Correcção da resistência do cabo a jusante devido a temperatura

(27)

$$R_{j35^\circ\text{C}} = R_{j20^\circ\text{C}} \times [1 + \alpha(T_f - T_i)] = 0.0043407 \Omega$$

- **Cálculo da corrente de curto circuito**

Dados:

$$U_n = 400V \quad ; \quad R_{tc} = 0.004340\Omega \quad I_{cc} = ?$$

(29)

$$I_{cc} = 92.15 \text{ kA}$$

- **Cálculo do tempo de actuação do dispositivo de protecção ou de duração de curto-circuito**

Atendendo ao ponto 434.3.2 do RTIEBT, que nos fornece $K = 115$ para condutores de cobre isolados a policloreto de vinilo, a canalização suporta I_{cc} sem danificação durante o tempo de actuação (t_{act}).

Dados:

$$K = 115 \quad ; \quad I_{cc} = \text{kA} \quad ; \quad t_{act} = ?$$

(30)

$$t_{act} = 0.014055 \text{ s}$$

Segundo o mesmo ponto do RTIEBT, o tempo de corte do dispositivo de protecção, deve ser inferior a 5 segundos. Nestes termos a canalização está protegida.

$$(31) \quad \rightarrow \quad 0.014055 \text{ s} < 5 \text{ s} \quad \text{Condição verificada}$$

- **Transformadores de corrente**

Serão montados 3 transformadores de corrente, para a tensão nominal de 400V, classe de precisão 1, corrente secundária de 5A e uma potência entre 0.5 e 1.5VA. A relação de transformação é de 150/5.

- **Dimensionamento do barramento**

Dados:

$$S_n = 100\text{kVA} \quad ; \quad U_n = 400\text{kV} \quad ; \quad f = 50\text{Hz} \quad ; \quad t = 0.5\text{s} \quad ; \quad K_{cu} = 159 \quad ; \quad I_s = 144.34\text{A}$$

Cálculo da secção da barra:

$$S_n = \frac{\sqrt{t} \times I_{th}}{K} \quad (48)$$

Onde:

S; Secção do condutor (mm^2)

t: Tempo de fadiga térmica do condutor (s)

I_{th} : Corrente térmica (A)

K: Factor relativo as propriedades térmicas do condutor; [Anexo 8, Tabela A8.2-19]

$$I_{th} = I_{cc} \times \sqrt{m + n} \quad (49)$$

Onde:

m: Factor adimensional

n: Factor adimensional

$$m = f(k; t) = (1.8; 0.5) = 0.09 \quad [\text{Anexo 8, Tabela A8.3-19}]$$

$$n = \left(\frac{I_k''}{I_k}; t \right)$$

$$I_k = I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} \times U_n} = \frac{100 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400} = 144.34A$$

Admitido uma reactância do transformador igual a 4% temos:

$$I_{cc} = \frac{I_n \times 100}{Z_{\%}} \quad (50)$$

$$I_k'' = I_{cc} = \frac{144.34 \times 100}{0.04} = 360850A$$

$$\frac{I_k''}{I_k} = \frac{360850}{144.34} = 2505.90$$

Recorrendo ao gráfico para a leitura do valor de n, nota se que não temos a curva correspondente a 2505.90, assim sendo, vamos usar a curva máxima de valor igual a 6:

$$n = (6; 0.5) = 0.37$$

$$I_{th} = 360850 \times \sqrt{0.09 + 0.37} = 244740.38A = 244.74kA$$

$$S_n = \frac{\sqrt{0.5} \times 244740.38}{159} = 1088.41mm^2$$

O barramento que melhor atenderá as exigências em causa seria o de cobre nú, com secção de 1380mm² (63X47mm), [Anexo 9, Tabela A9.1-18]

- **Sistema de aterramento**

O sistema de aterramento será formado por hastes alinhadas em paralelo e igualmente espaçadas. Serão usadas hastes de terra com 2m de comprimento, ½ polegada e espaçadas entre si 3m. O solo local é do tipo lama (Boane). Devido à falta de condições para uma medição apurada da resistividade aparente no solo local, irei adoptar um valor de 100Ω.m, [Anexo 9, Tabela A9.1-20].

Espera-se que cada haste tenha a seguinte resistência:

$$R_{1\text{haste}} = \frac{\rho_a}{2\pi L} \ln\left(\frac{4L}{d}\right) \quad (51)$$

$$R_{1\text{haste}} = \frac{\rho_a}{2\pi \times 2} \ln\left(\frac{4 \times 2}{2.54 \times 10^{-2}}\right) = 0.4579\rho_a$$

Terra de serviço

Cálculo de número de hastes para uma resistência máxima de 10Ω:

$$R_{\text{eq}} \leq 10\Omega \quad (52)$$

$$R_{\text{eq}} = K \times R_{1\text{haste}} \quad (53)$$

$$K \times R_{1\text{haste}} \leq 10\Omega \quad \rightarrow \quad K \leq \frac{10}{R_{1\text{haste}}} \quad \rightarrow \quad K \leq \frac{10}{45.79} \quad \rightarrow \quad K \leq 0.2183$$

Recorrendo à tabela do anexo 15-11, conclui-se que devem ser enterradas 6 hastes para garantir uma terra de serviço com resistência máxima de 10Ω.

Terra de protecção

Cálculo de número de hastes para uma resistência máxima de 20Ω:

$$R_{\text{eq}} \leq 20\Omega \quad (54)$$

$$K \times R_{1\text{haste}} \leq 20\Omega \quad \rightarrow \quad K \leq \frac{20}{R_{1\text{haste}}} \quad \rightarrow \quad K \leq \frac{20}{45.79} \quad \rightarrow \quad K \leq 0.4367$$

Recorrendo à Tabela A9.2-20 do anexo 9, conclui-se que devem ser enterradas 3 hastes para garantir uma terra de protecção com resistência máxima de 20Ω.

Segurança do posto de transformação

Toda a instalação deverá ser executada de acordo com as normas de segurança em vigor em Moçambique e nas melhores regras de arte. Especial atenção deverá ser posta às terras de protecção. No caso de falhas ou omissões da legislação local, serão utilizadas as normas relevantes da VDE ou da CEI. Para garantir a segurança do posto de transformação contra contactos directos e indirectos deverá ser feita:

- a terra de serviço e
- a terra de protecção.

Terra de serviço

A terra de serviço será ligada ao neutro do transformador. Esta ligação deverá ser feita a

partir do quadro geral de baixa tensão, através de um ligador amovível usando um condutor de cobre de 35mm² (EDM, 2006).

Terra de protecção

terra de protecção ligar-se-ão as massas da aparelhagem de alta tensão, assim como todas as partes metálicas de suporte e fixação da aparelhagem, incluindo a cuba do transformador e o involucro metálico do quadro de baixa tensão (EDM, 2006).

Não havendo possibilidade de se executar uma terra própria para os pára-raios, estes também serão ligados à terra de protecção. A ligação dos pára-raios deve fazer-se directamente ao condutor principal da terra, e não por intermédio de qualquer outra massa metálica.

Condutores de terra

Utilizar-se-á cabo de cobre nú de 16mm² de secção até ao ligador amovível, situado na base do pórtico, e cabo de 35mm² de secção deste até ao eléctrodo de terra, no interior do solo. No último metro antes de penetrarem no solo e 0,5 metros dentro deste, os condutores de terra devem ser protegidos mecanicamente por uma cantoneira ou por um tubo adequado, com um comprimento de 1,5 metros (EDM, 2006).

Segurança de pessoas e bens

Todas as partes metálicas, massas das lâmpadas, armaduras e parafusos dos equipamentos de potência e de uso geral que podem, acidentalmente, estar em contacto com as superfícies condutoras de energia deverão ser convenientemente aterradas.

Os eléctrodos deverão ser de aço galvanizado, cobre ou aço cobreado em forma de placas, barras ou tubos. Elementos metálicos simplesmente mergulhados em água não podem ser usados com eléctrodos de terra. Os elementos metálicos que servem como eléctrodos de terra deverão ser enterrados em lugares o mais húmidos possível, de preferência em solo arável, fora das zonas de passagem e a uma distância considerável de depósitos de substâncias corrosivas que, eventualmente, se possam infiltrar no solo. Os eléctrodos deverão ser colocados verticalmente de modo a que se verifique uma diferença de 0,80 metros do topo do eléctrodo à superfície do terreno. A superfície de contacto do eléctrodo com o solo, qualquer que seja o metal de fabrico, não deverá ser menor do que 2 metros, assim:

- Se forem usados na forma de placas, deverão ser cobre ou aço galvanizado de 2 ou 3 milímetros.
- Se forem na forma de barra deverão ter 15 milímetros de diâmetro exterior e 1 metro de comprimento.
- Se forem usados tubos de cobre ou aço galvanizado, deverão ter 25 milímetros de diâmetro exterior, 3 milímetros de espessura da parede e 3 metros de comprimento.

Dimensionamento dos alimentadores para os quadros parciais

Quadro parcial 1 (QP1)

Este quadro irá alimentar os oito motores trifásicos previamente dimensionados (S = 98.47 kVA)

- **Cálculo da corrente de serviço**

(3)

$$I_n = \frac{98.47 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400} = 142.12 \text{ A}$$

Considerando um cabo VAV enterrado, temos:

$$S_n = 50 \text{ mm}^2 \quad I_z = 190 \text{ A} \quad [\text{Anexo 2, Tabela A2.2-3}]$$

- **Correcção da Corrente máxima admissível (Para temperatura de 35°C)**

(17) [Anexo 2, Tabela A2.1-2]

$$(I_z)_{\text{corrigida}} = 155.8 \text{ A}$$

- **Protecção contra sobrecarga**

$$I_s \leq I_n \leq (I_z)_{\text{corrigida}} \quad 142.12 \text{ A} \leq 160 \text{ A} \leq 155.8 \text{ A} \quad \text{Condição não verificada}$$

Passamos para a secção imediatamente seguinte:

$$S_n = 70 \text{ mm}^2 \quad I_z = 245 \text{ A}$$

- **Correcção da Corrente máxima admissível (Para temperatura de 35°C)**

$$(I_z)_{\text{corrigida}} = 200.9 \text{ A} \quad [\text{Anexo 4-3}]$$

$$I_s \leq I_n \leq (I_z)_{\text{corrigida}} \quad 144.34 \text{ A} \leq 160 \text{ A} \leq 200.9 \text{ A} \quad \text{Condição verificada}$$

$$I_2 \leq 1.45(I_z)_{\text{corrigida}} \quad \text{Condição por verificar}$$

$$I_2 = 1.3 \times I_n \quad I_2 = 1.3 \times 160 \text{ A} \quad I_2 = 208 \text{ A}$$

$$1.45(I_z)_{\text{corrigida}} = 1.45 \times 192.7 \text{ A} = 279.42 \text{ A}$$

$$I_2 \leq 1.45(I_z)_{\text{corrigida}} \quad ; \quad 208 \leq 225.91 \text{ A} \quad \text{Condição verificada}$$

Comentário 2:

A condição de verificação foi satisfeita, conclui-se que o cabo VAV de 3x70+35mm² serve para a protecção por fusível de 160 A.

- **Cálculo da resistência do cabo**

Resistência a montante do QGBT

Ir-á corresponder a resistência do cabo entre a saída do transformador até a entrada do disjuntor, foi calculado e o valor é 0.0043407 Ω.

Cálculo da resistência do cabo a jusante a 20°C

$$l = 25 \text{ m} \quad ; \quad R = \frac{0.270\Omega}{\text{km}} \quad ; \quad S_n = 70 \text{ mm}^2 \quad ; \quad R_{j20^\circ\text{C}} = ?$$

(26)

$$R_{j20^\circ\text{C}} = 0.02025 \Omega$$

Correcção da resistência do cabo a jusante devido a temperatura

(27)

$$R_{j35^\circ\text{C}} = 0.021465 \Omega$$

Cálculo da resistência total do cabo

(28)

$$R_{tc} = R_{m35^\circ\text{C}} + R_{j35^\circ\text{C}} = 0.0258057 \Omega$$

- **Cálculo da corrente de curto-circuito**

Dados:

$$U_n = 400\text{V} \quad ; \quad R_{tc} = 0.082524\Omega \quad I_{cc} = ?$$

(29)

$$I_{cc} = 15.5 \text{ kA}$$

- **Cálculo do tempo de actuação do dispositivo de protecção ou de duração de curto-circuito**

Atendendo ao ponto 434.3.2 do RTIEBT, que nos fornece $K = 115$ para condutores de cobre isolados a policloreto de vinilo, a canalização suporta I_{cc} sem danificação durante o tempo de actuação (t_{act}).

Dados:

$$K = 115 \quad ; \quad I_{cc} = 8.978 \text{ kA} \quad ; \quad t_{act} = ?$$

(30)

$$t_{act} = 0.26 \text{ s}$$

Segundo o mesmo ponto do RTIEBT, o tempo de corte do dispositivo de protecção, deve ser inferior a 5 segundos. Nestes termos a canalização está protegida.

$$(31) \quad \rightarrow \quad 0.26 \text{ s} < 5 \text{ s} \quad \text{Condição verificada}$$

Quadro parcial 2 (QP2)

Este quadro irá suprir uma carga de 18.21 kVA, correspondente a Iluminação, climatização e tomadas.

(3)

$$I_n = \frac{18.21 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400} = 26.28 \text{ A}$$

Considerando um cabo VAV 4x4 m² enterrado, temos:

$$S_n = 6 \text{ mm}^2 \quad I_z = 60 \text{ A} \quad [\text{Anexo 2, Tabela A2.2-3}]$$

- **Correcção da Corrente máxima admissível (Para temperatura de 35°C)**

$$(17) \quad [\text{Anexo 2, Tabela A2.1-2}]$$

$$(I_z)_{\text{corrigida}} = 49.2 \text{ A}$$

- **Protecção contra sobrecarga**

$$I_s \leq I_n \leq (I_z)_{\text{corrigida}} \quad 31.07 \text{ A} \leq 40 \text{ A} \leq 49.2 \text{ A} \quad \text{Condição verificada}$$

$$I_2 \leq 1.45(I_z)_{\text{corrigida}} \quad \text{Condição por verificar}$$

$$I_2 = 1.3 \times I_n \quad I_2 = 1.3 \times 40 \text{ A} \quad I_2 = 52 \text{ A}$$

$$1.45(I_z)_{\text{corrigida}} = 1.45 \times 49.2 \text{ A} = 71.34 \text{ A}$$

$$I_2 \leq 1.45(I_z)_{\text{corrigida}} \quad ; \quad 52 \text{ A} \leq 71.34 \text{ A} \quad \text{Condição verificada}$$

Comentário 2:

A condição de verificação foi satisfeita, conclui se que o cabo VAV 4x6 mm² serve para a protecção por fusível de 40 A.

- **Cálculo da resistência**

Resistência a montante

Foi calculada no dimensionamento do alimentador de QP1, cujo valor a 35°C é igual a 0.0043407 Ω

Cálculo da resistência do cabo a jusante a 20°C

$$l = 25 \text{ m}; S_n = 6 \text{ mm}^2; R = \frac{3.06 \Omega}{\text{km}} \text{ (Anexo 16 – 24)}; R_{c20^\circ\text{C}} = ?$$

(26)

$$R_{j20^\circ\text{C}} = 0.2295 \Omega$$

- **Correcção da resistência do cabo a jusante devido a temperatura**

O valor de coeficiente de temperatura para condutores de cobre é de 0,004. [Anexo 4]

Dados:

$$R_{j20^\circ\text{C}} = 0.2295 \Omega; \alpha = 0.004; T_i = 20^\circ\text{C}; T_f = 35^\circ\text{C}; R_c = ?$$

(27)

$$R_{j35^\circ\text{C}} = 0.24327 \Omega$$

Cálculo da resistência total do cabo

(28)

$$R_{tc} = 0,24761 \Omega$$

- **Cálculo da corrente de curto-circuito**

Dados:

$$U_n = 400 \text{ V}; R_{tc} = 0. I_{cc} = ?$$

(29)

$$I_{cc} = 1.61 \text{ kA}$$

- **Cálculo do tempo de actuação do dispositivo de protecção ou de duração de**

curto-circuito

Atendendo ao ponto 434.3.2 do RTIEBT, que nos fornece $K = 115$ para condutores de cobre isolados a policloreto de vinilo, a canalização suporta I_{cc} sem danificação durante o tempo de actuação (t_{act}).

Dados:

$$K = 115 \quad ; \quad I_{cc} = 1615.43 \text{ kA} \quad ; \quad t_{act} = ?$$

(30)

$$t_{act} = 0.18 \text{ s}$$

Segundo o mesmo ponto do RTIEBT, o tempo de corte do dispositivo de protecção, deve ser inferior a 5 segundos. Nestes termos a canalização está protegida.

$$t_{act} < 5 \text{ s} \quad \rightarrow \quad 0.18 \text{ s} < 5 \text{ s} \quad \text{Condição verificada}$$

- **Escolha do DR para QP2**

$$(34) \quad \rightarrow \quad I_{nDR} \geq 26.28 \text{ A}$$

Recorrendo ao anexo 5, Tabela A5.4-10, escolhemos o DR com sensibilidade 30 mA (alta sensibilidade), corrente nominal 40A e 4 módulos. Será usado como protecção geral.

4.4. Avaliação do factor de potência global da indústria

Observando a potência total do sistema, pode se concluir que o factor de potência do mesmo tem característica indutiva com valor dentro do intervalo exigido pelas normas. Desta maneira, não se faz necessária a correção do factor de potência, que é obtida a partir da conexão de um banco de capacitores a montante do quadro de distribuição da indústria.

A potência total demandada pelo QGBT é:

$$S_{total} = 64.18 + 45.29j$$

O factor de potência inicial é igual a:

$$(6) \quad \rightarrow \quad \cos \varphi_{inicial} = \frac{64.18}{78.55} = 0.82$$

Conforme os padrões exigidos pela reguladora de energia, o limite mínimo de factor de potência para níveis de potência inferior a 1 kV é de 0.8

Neste caso, não é necessário a conexão de um banco de capacitores.

CAPÍTULO V

5.0. MEDIÇÃO E ESTIMATIVA DE CUSTOS

Tabela 6: Estimativa de custos

Item	Material	Uni	Qtd	Custo unit.	Custo total
1	PT 100kVA com todos acessórios	un	1	4,358,960.58	4,358,960.58
2	Eléctrodo de terra 2m	un	9	550.00	4,950.00
3	Condutor de cobre nú 35mm ²	m	30	158.32	4,749.60
4	Cabo VAV 4x70mm ²	m	7	2,990.00	20,930.00
5	VAV4x16mm ²	m	25	1,000.00	25,000.00
6	VAV4x4mm ²	m	16	285.00	4,560.00
7	VAV3x1.5mm ²	m	150	110.00	16,500.00
8	Fusível NH160A	un	3	225.00	675.00
9	Fusível NH40A	un	3	225.00	675.00
10	Fusível NH16A	un	30	225.00	6,750.00
11	Fusível NH80A	un	3	225.00	675.00
12	Fusível NH50A	un	6	225.00	1,350.00
13	Base para fusível	un	45	200.00	9,000.00
14	Disjuntor unipolar 10A	un	8	185.00	1,480.00
15	Disjuntor unipolar 16A	un	4	185.00	740.00
16	Disjuntor tetrapolar160A	un	1	6,500.00	6,500.00
17	Disjuntor unipolar 20A	un	4	185.00	740.00
18	Disjuntor tetrapolar 20A	un	2	2,250.00	4,500.00
19	Tomada monofásica com terra	un	13	300.00	3,900.00
20	Tomada monofásica industrial 20A	un	4	2,650.00	10,600.00
21	Tomada trifásica	un	2	2,950.00	5,900.00
22	Interruptor simples	un	3	275.00	825.00
23	Comutador de escada simples	un	4	325.00	1,300.00
24	Luminária HD471	un	32	3,700.00	118,400.00
25	Luminária TMS 1 Phillips	un	2	650.00	1,300.00
26	Luminária TMS 426 Phillips	un	10	975.00	9,750.00
27	Luminária IVH	un	6	4,500.00	27,000.00
28	Quadro eléctrico 1 (QP1) 92 módulos	un	1	10,382.00	10,382.00
29	Quadro eléctrico 2 (QP2) 72 módulos	un	1	5,550.00	5,550.00
30	Condutor H07V-U1.5	m	1500	19.00	28,500.00
31	Condutor H07V-U2.5	m	1500	32.00	48,000.00
32	Condutor H07VV-U1.5	m	1200	25.00	30,000.00
33	Condutor H07VV-U2.5	m	1500	45.00	67,500.00
34	Tubo VD 90	m	100	65.00	6,500.00
35	Tubo VD 50	m	100	50.00	5,000.00
36	Tubo VD 25	m	50	30.00	1,500.00
37	Tubo VD 20	m	400	20.00	8,000.00
38	Tubo VD 16	m	400	15.00	6,000.00
	Total				4,864,642.18

Tabela 7: Despesas e custo global

Despesas		
Descrição	Percentual	Valor
Mão de obra	34%	1,653,978.34
Transporte	5%	243,232.11
Aluguer de equipamento	1.00%	48,646.42
Custo total	40%	1,945,856.87
Custo Global (Material+Despesas)		6,810,499.05

CAPÍTULO VI

6.0. CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1. Conclusões

A implementação do presente projecto, poderá constituir mais-valia ao proprietário e exploradores da infra-estrutura industrial, visto que foram acauteladas recomendações técnicas e de segurança para o bom funcionamento de instalações eléctricas.

A concessionária de energia (EDM) garante o suprimento de carga prevista dentro de condições satisfatórias através de um sistema de alimentação tipo radial simples, cuja linha de média tensão em 33 kV possui em disponibilidade uma potência de 850 kVA contra os 100 kVA de potência instalada na indústria em alusão.

Através de técnicas de levantamento de carga, foi apurado um total de 78.55 kVA, que serão alimentados pelo poste de transformação projectado, do tipo aéreo de montagem exterior cujo transformador será montado sobre os postes do pórtico, com uma potência e tensão nominal igual a 100 kVA e 33/0.4 kV, respectivamente.

O barramento de baixa tensão no Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT), será composto por um disjuntor de 160A, as saídas serão constituídas por fusíveis APC alimentando dois quadros parciais (QP1 e QP2) localizados na área industrial, estes por sua vez farão o suprimento da carga prevista.

Para o dimensionamento de todas as canalizações obedeceu se aos parâmetros físicos (condições e modos de instalação, temperatura ambiente e o comprimento da canalização) e eléctricos (característica da energia a ser transportada, a corrente provável de curto circuito, corrente nominal e queda de tensão) da instalação. Com base nos parâmetros anteriores foi possível determinar o tipo de cabo, a secção do condutor e a protecção eléctrica de cada canalização.

Com vista a permitir a expansão de carga foi feito um estudo de melhoramento do factor de potência global, tendo-se constatado que o mesmo encontra se em padrões recomendados ($\cos\phi = 0.8$), deste modo, não se torna imperioso a instalação de um banco de capacitores.

A implementação do projecto está avaliado em 6,810,499.05 Mt.

6.2. Recomendações

Em fase operacional da fábrica, será importante que seja feito um controlo sistemático no crescimento da carga por forma a evitar o sobrecarregamento do transformador, de igual forma deve evitar se o funcionamento de motores a vazio ou com carga muito baixa por períodos prolongados pois podem distorcer o factor de potência da instalação. Qualquer trabalho de manutenção deverá ser precedido de inspecção visual. Os eléctrodos de terra (serviço e protecção), devem ser verificados anualmente para que não excedam os limites de resistência previsto (10Ω e 20Ω).

BIBLIOGRAFIA

- [1]. ABB, Switchgear Manual. 10th edition
- [2]. CHAPMAN, Stephen J. (2013). Fundamentos de máquinas eléctricas, 5^a edição
- [3]. CREDER, Hélio (2014). Instalações Eléctricas, 15^a edição
- [4]. EDM. (2006). Manual de Montagem de Linhas de Distribuição de Energia Eléctrica;
- [5]. EDM. (2006). Postos de Transformação Rurais. Maputo;
- [6]. EDM. (2006). Selecção de Tabelas e Diagramas. Maputo;
- [7]. FILHO, Joao Mamede. (1986). Instalações Eléctricas Industriais.
- [8]. Fillipe, M. O. (2009). Linhas Aéreas de Média Tensão. Brasil;
- [9]. FRANCHI, Claiton Moro. (2008). Acionamentos Eléctricos 4^a edição.
- [10]. GLOVER J. Duncan, SARMA Mulukutla, OVERBYE Thomas. (2012). Power System Analysis and Design. United States: Cengage Learning;
- [11]. KINDERMANN, Geraldo e CAMPAGNOLO, Mario (1995). Aterramento Electrico, 4^a edição, Sagra – D.C. Luzzato Editores.
- [12]. PORTUGAL, Cogen. (2010). Manual dos motores eléctricos, utilização de motores de alto rendimento.
- [13]. SOLIDAL, Condutores Eléctricos, S, A (2007). Guia Técnico.
- [14]. WEG, centro de treinamento de clientes. (2012). Módulo 1, comando e protecções
- [15]. MAPS, Google

ANEXOS

Anexo 1

Factores de utilização e de simultaneidade para motores eléctricos trifásicos

Tabela A1.1-1: Factores de utilização para motores eléctricos trifásicos.

Tabela 1.3 Factores de utilização

Aparelhos	Fator de utilização
Fornos a resistência	1,00
Secadores, caldeiras etc.	1,00
Fornos de indução	1,00
Motores de 3/4 a 2,5 cv	0,70
Motores de 3 a 15 cv	0,83
Motores de 20 a 40 cv	0,85
Acima de 40 cv	0,87
Soldadores	1,00

Tabela A1.2-1: Factores de simultaneidade para motores eléctricos trifásicos.

Tabela 1.2 Factores de simultaneidade

Aparelhos (cv)	Número de aparelhos							
	2	4	5	8	10	15	20	50
Motores: 3/4 a 2,5	0,85	0,80	0,75	0,70	0,60	0,55	0,50	0,40
Motores: 3 a 15	0,85	0,80	0,75	0,75	0,70	0,65	0,55	0,45
Motores: 20 a 40	0,80	0,80	0,80	0,75	0,65	0,60	0,60	0,50
Acima de 40	0,90	0,80	0,70	0,70	0,65	0,65	0,65	0,60
Retificadores	0,90	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70	0,70	0,70
Soldadores	0,45	0,45	0,45	0,40	0,40	0,30	0,30	0,30
Fornos resistivos	1,00	1,00	-	-	-	-	-	-
Fornos de indução	1,00	1,00	-	-	-	-	-	-

Anexo 2

Características de cabos VAV

Tabela A2.1-2 Factores de correcção para cabos VAV

TABELA 4		Factores de correcção para cabos multicondutores enterrados (β)						
NÚMERO DE CABOS COM PEQUENO AFASTAMENTO		2	3	4	5	6	8	10
Multiplicar os valores das tabelas 1 a 3 por		0,90	0,80	0,75	0,70	0,65	0,62	0,60

TABELA 5		Factores de correcção para grupos de cabos monocondutores enterrados (β)		
NÚMERO DE GRUPOS COM PEQUENO AFASTAMENTO		2	3	4
Multiplicar os valores das tabelas 1 a 3 por		0,80	0,75	0,70

TABELA 6		Factores de correcção para cabos instalados ao ar (β)	
NÚMERO DE CABOS		3	6
Multiplicar os valores das tabelas 1 a 3 por	Cabos com pequeno afastamento	0,95	0,90
	Cabos encostados	0,80	0,75

TABELA 7		Factores de correcção para temperaturas ambientes diferentes de 20° C (γ)						
TEMPERATURA AMBIENTE °C		5	10	15	20	25	30	35
Multiplicar os valores das tabelas 1 a 3 por	Tensão nominal até 4,8/7,2 kV inclusive	1,15	1,10	1,05	1,00	0,94	0,88	0,82
	Tensão nominal 7,2/12 kV	1,20	1,13	1,07	1,00	0,93	0,85	0,76

Anexo 2

Características de cabos VAV

Tabela A2.2-3 Correntes máximas admissíveis para cabos VAV

CONDUTOR	SECÇÃO NOMINAL mm ²	CABOS INSTALADOS AO AR			CABOS ENTERRADOS		
		1 condutor	2 condutores	3 e 4 condutores	1 condutor	2 condutores	3 e 4 condutores
COBRE	1,5	27	22	20	34	30	25
	2,5	36	30	28	45	40	35
	4	48	40	36	60	50	45
	6	60	50	48	75	65	60
	10	85	70	65	105	90	80
	16	115	95	90	140	120	110
	25	145	125	110	180	155	135
	35	175	150	130	220	185	165
	50	205	180	150	260	220	190
	70	260	225	195	325	280	245
	95	310	270	235	390	335	295
	120	355	305	270	445	380	340
	150	400	350	310	500	435	390
	185	440	390	355	550	490	445
	240	500	455	410	625	570	515
	300	555	510	470	695	640	590
400	630	610	560	785	760	700	
500	685	—	—	855	—	—	
ALUMÍNIO	16	90	75	70	115	95	90
	25	115	100	90	145	125	110
	35	140	120	105	170	150	130
	50	165	150	125	210	180	155
	70	210	180	155	260	225	195
	95	250	215	190	310	270	235
	120	285	245	215	355	305	270
	150	320	280	250	400	350	310
	185	350	310	285	440	390	355
	240	400	365	330	500	455	410
	280	430	—	—	540	—	—
	300	445	410	375	555	510	470
	380	495	—	—	620	—	—
	400	505	490	450	630	610	560
480	535	—	—	670	—	—	
500	550	—	—	685	—	—	

Anexo 2

Características de cabos VAV

Tabela A2.3-4 Características das almas condutoras de cobre

TABELA 8		Características das almas condutoras de cobre			
RÍGIDAS					
Resistência máxima em corrente contínua a 20° C Ω/km					
SECÇÃO NOMINAL mm^2	NÚMERO DE FIOS	Cabos monocondutores e cabos com condutores paralelos		Cabos multicondutores cableados	
		Cobre não estanhado	Cobre estanhado	Cobre não estanhado	Cobre estanhado
0,2	1	88,5	89,5	—	—
0,3	1	53,1	53,7	—	—
0,5	1	35,4	35,8	—	—
0,75	1	23,8	24,0	—	—
1	1	17,7	17,9	18,1	18,2
1,5	1	11,9	12,0	12,1	12,2
2,5	1	7,14	7,21	7,28	7,35
4	1	4,47	4,51	4,56	4,60
6	1	2,97	3,00	3,03	3,06
10	7	1,79	1,81	1,83	1,84
16	7	1,13	1,14	1,15	1,16
25	7	0,712	0,719	0,727	0,734
35	19	0,514	0,519	0,524	0,529
50	19	0,379	0,383	0,387	0,391
70	19	0,262	0,265	0,268	0,270
95	19	0,189	0,191	0,193	0,195
120	37	0,150	0,151	0,153	0,154
150	37	0,122	0,123	0,124	0,126
185	37	0,0972	0,0982	0,0991	0,100
240	61	0,0740	0,0747	0,0754	0,0762
300	61	0,0590	0,0595	0,0601	0,0607
400	61	0,0461	0,0465	0,0470	0,0475
500	61	0,0366	0,0369	0,0373	0,0377
630	127	0,0283	0,0286	0,0289	0,0292
800	127	0,0221	0,0224	0,0226	0,0228
1000	127	0,0176	0,0177	0,0179	0,0181

Anexo 3

Características de cabos e condutores harmonizados

Tabela A3.1-5 Correntes máximas admissíveis

[E] QUADRO 52-C1

Correntes admissíveis, em amperes, para os métodos de referência A, B e C
(de acordo com o quadro 52H)

Condutores isolados a policloreto de vinilo (PVC), para:

- dois condutores carregados
- cobre ou alumínio
- temperatura da alma condutora: 70°C
- temperatura ambiente: 30°C

Seção nominal dos condutores (mm ²)	Método de referência		
	A	B	C(1)
Condutores de cobre			
1,5	14,5	17,5	19,5
2,5	19,5	24	27
4	26	32	36
6	34	41	46
10	46	57	63
16	61	76	85
25	80	101	112
35	99	125	138
50	119	151	168
70	151	192	213
95	182	232	258
120	210	269	299
150	240	-	344
185	273	-	392
240	320	-	461
300	367	-	530
Condutores de alumínio			
2,5	15,0	18,5	21
4	20	25	26
6	26	32	36
10	36	44	49
16	48	60	66
25	63	79	83
35	77	97	103
50	93	118	125
70	118	150	160
95	142	181	195
120	164	210	226
150	189	-	261
185	215	-	298
240	252	-	352
300	289	-	406

Anexo 3

Características de cabos e condutores harmonizados

Tabela A3.2-6 Correntes máximas admissíveis

[E] QUADRO 52-C3

Correntes admissíveis, em amperes, para os métodos de referência A, B e C (de acordo com o quadro 52H)

Condutores isolados a policloreto de vinilo (PVC), para:

- três condutores carregados
- cobre ou alumínio
- temperatura da alma condutora: 70°C
- temperatura ambiente: 30°C

Secção nominal dos condutores (mm ²)	Método de referência		
	A	B	C(*)
<i>Condutores de cobre</i>			
1,5	13,5	15,5	17,5
2,5	18,0	21	24
4	24	28	32
6	31	36	41
10	42	50	57
16	56	68	76
25	73	89	96
35	89	110	119
50	108	134	144
70	136	171	184
95	164	207	223
120	188	239	259
150	216	-	299
185	245	-	341
240	286	-	403
300	328	-	464
<i>Condutores de alumínio</i>			
2,5	14,0	16,5	18,5
4	18,5	22	25
6	24	28	32
10	32	39	44
16	43	53	59
25	57	70	73
35	70	86	90
50	84	104	110
70	107	133	140
95	129	161	170
120	149	186	197
150	170	-	227
185	194	-	259
240	227	-	305
300	261	-	351

(*) - Para $S \leq 16 \text{ mm}^2$, admitiu-se que os condutores eram de secção circular e para $S > 16 \text{ mm}^2$, de secção sectorial (aplicável também a condutores de secção circular).

Anexo 3**Características de cabos e condutores harmonizados**

Tabela A3.3-7 Factores de correcção em função da temperatura do solo

QUADRO 52-D2

Factores de correcção em função da temperatura do solo

(a aplicar aos valores das correntes indicadas no quadro 52-C30)

Temperatura do solo (°C)	Isolamento	
	PVC	XLPE/EPR
10	1,10	1,07
15	1,05	1,04
20	1,00	1,00
25	0,95	0,96
30	0,89	0,93
35	0,84	0,89
40	0,77	0,85
45	0,71	0,80
50	0,63	0,76
55	0,55	0,71
60	0,45	0,65
65	-	0,60
70	-	0,53
75	-	0,46
80	-	0,38

Anexo 4

Almas condutoras

Tabela A4-8 Características dos principais condutores

Características dos principais condutores			
Material	Resistividade - ρ $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$	Condutividade - χ $\text{S} \cdot \text{m}/\text{mm}^2$	Coefficiente de Temperatura - α $^{\circ}\text{C}^{-1}$
Alumínio	0,0292	34,2	0,0039
Bronze	0,067	14,9	0,002
Cobre puro	0,0162	61,7	0,00382
Cobre duro	0,0178	56,1	0,00382
Cobre recozido	0,0172	58,1	0,00382
Constantan	0,5	2	0,00001
Estanho	0,115	8,6	0,0042
Grafite	13	0,07	0,0005
Ferro puro	0,096	10,2	0,0052
Latão	0,067	14,9	0,002
Manganina	0,48	2,08	0
Mercúrio	0,96	1,0044	0,00089
Nicromo	1,1	0,909	0,00013
Níquel	0,087	10,41	0,0047
Ouro	0,024	43,5	0,0034
Prata	0,00158	62,5	0,0038
Platina	0,106	9,09	0,0025
Tungstênio	0,055	18,18	0,0041
Zinco	0,056	17,8	0,0038

Anexo 5

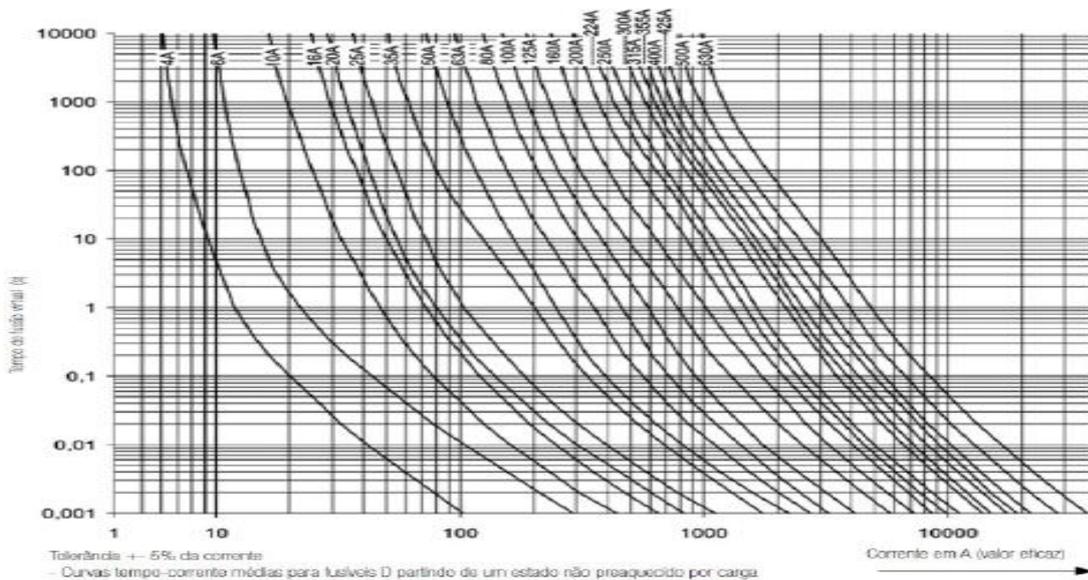
Características de dispositivos de proteção

Tabela A5.1-9 Característica de fusíveis

I_N [A]	I_{nf} [A]	I_f [A]	I_N [A]	I_{nf} [A]	I_f [A]
6	9	13	< 6 A	$1,5 \times I_n$	$2,1 \times I_n$
10	15	19	> 6 A e = 10 A	$1,5 \times I_n$	$1,9 \times I_n$
16	22	28	> 10 A e = 25 A	$1,4 \times I_n$	$1,75 \times I_n$
20	28	35	> 25 A	$1,3 \times I_n$	$1,6 \times I_n$
25	35	44			
32	42	51			
40	52	64			
50	65	80			
63	82	101			
80	104	128			
100	130	160			
125	163	200			
160	208	256			
200	260	320			
250	325	400			
315	410	504			
400	520	640			
500	650	800			
630	819	1008			
800	1040	1280			
1000	1300	1600			

Tabela A5.2-9 Curva característica de fusíveis NH

Curva Tempo x Corrente



Anexo 5

Características de dispositivos de proteção

Tabela A5.3-10 Característica de disjuntores termomagnéticos

Disjuntor sem regulação			Disjuntor com regulação		
I_N [A]	I_{Rf} [A]	I_f [A]	I_N [A]	I_{Rf} [A]	I_f [A]
	$1,1 \times I_N$	$1,3 \times I_N$		$1,05 \times I_N$	$1,2 \times I_N$
6	6,6	7,8	100	105	120
10	11	13	125	131,25	150
16	17,6	20,8	160	168	192
20	22	26	250	262,5	300
25	27,5	32,5	400	420	480
32	35,2	41,6	630	661,5	756
40	44	52	1000	1050	1200
50	55	65	1250	1312,5	1500
63	69,3	81,9	1600	1680	1920
100	110	130	2500	2625	3000
125	137,5	162,5			
160	176	208			

Tabela A5.4-10 Característica de disjuntores diferenciais residuais

$I_{\Delta n}$ (sensibilidade)	I_n (A)	2 módulos	4 módulos
30mA	25	BDC225/030	BPC425/030
	40	BDC240/030	BPC440/030
	63	BPC263/030	BPC463/030
	80	BPC280/030	BPC480/030
	100	BPC2100/030	BPC4100/030
100mA	25	BPC225/100	BPC425/100
	40	BPC240/100	BPC440/100
	63	BPC263/100	BPC463/100
	80	BPC280/100	BPC480/100
	100	BPC2100/100	BPC4100/100
300mA	25	BDC225/300	BPC425/300
	40	BDC240/300	BPC440/300
	63	BPC263/300	BPC463/300
	80	BPC280/300	BPC480/300
	100	BPC2100/300	BPC4100/300
500mA	25	BPC225/500	BPC425/500
	40	BPC240/500	BPC440/500
	63	BPC263/500	BPC463/500
	80	BPC280/500	BPC480/500
	100	BPC2100/500	BPC4100/500

Anexo 6

Motores eléctricos trifásicos

Tabela A6-11 Característica de motores eléctricos de alto rendimento

4 Pólos - 60 Hz

0,16	0,12	63	1720	0,86	4,5	0,07	3,2	3,4	50,0	57,0	61,0	0,41	0,51	0,60	1,15	0,00045	31	48	7
0,25	0,18	63	1710	1,13	4,5	0,10	2,8	3,0	53,0	64,0	66,5	0,47	0,57	0,63	1,15	0,00056	18	48	7
0,33	0,25	63	1710	1,47	5,2	0,14	3,0	2,9	50,0	59,0	68,5	0,45	0,55	0,65	1,15	0,00067	17	48	8
0,5	0,37	71	1720	2,07	5,0	0,21	2,7	3,0	64,0	70,0	72,0	0,44	0,57	0,65	1,15	0,00079	10	47	11
0,75	0,55	71	1705	2,83	5,5	0,31	3,0	3,0	70,0	74,0	75,0	0,46	0,58	0,68	1,15	0,00096	10	47	12
1,0	0,75	80	1730	2,98	8,0	0,41	3,4	3,0	77,5	80,0	82,6	0,60	0,72	0,80	1,15	0,00328	9	48	16
1,5	1,1	80	1700	4,31	7,0	0,63	2,9	2,8	77,0	79,0	81,6	0,62	0,74	0,82	1,15	0,00328	7	48	16
2,0	1,5	90S	1755	6,15	7,8	0,82	2,8	3,0	79,5	82,8	84,2	0,55	0,67	0,76	1,15	0,00532	8	51	20
3,0	2,2	90L	1735	8,27	7,0	1,24	2,3	2,7	84,0	85,0	85,1	0,62	0,75	0,82	1,15	0,00672	7	51	24
4,0	3,0	100L	1720	11,1	7,5	1,67	2,9	3,1	84,0	86,0	86,5	0,63	0,75	0,82	1,15	0,00918	8	54	32
5,0	3,7	100L	1720	13,8	8,0	2,08	3,0	3,0	85,0	87,5	88,0	0,63	0,75	0,80	1,15	0,01072	8	54	35
6,0	4,5	112M	1735	16,4	6,8	2,48	2,1	2,5	87,0	88,0	89,0	0,63	0,74	0,81	1,15	0,01875	13	56	47
7,5	5,5	112M	1740	20,0	8,0	3,09	2,3	2,8	88,0	89,0	90,0	0,61	0,73	0,80	1,15	0,01875	12	56	47
10	7,5	132S	1760	26,4	7,8	4,07	2,6	3,1	88,0	90,0	91,0	0,61	0,74	0,82	1,15	0,05427	12	58	67
10	7,5	132M	1760	26,4	7,8	4,07	2,6	3,1	88,0	90,0	91,0	0,61	0,74	0,82	1,15	0,05427	12	58	67
12,5	9,2	132M	1760	32,0	8,5	5,09	2,5	3,0	89,0	90,5	91,0	0,65	0,77	0,83	1,15	0,06202	8	58	75
15	11	132M/L	1755	37,5	8,8	6,12	2,6	3,4	90,0	91,0	91,7	0,67	0,78	0,84	1,15	0,06978	8	58	78
15	11	160L	1760	38,7	6,0	6,10	2,4	2,5	89,0	90,5	91,0	0,69	0,78	0,82	1,15	0,08029	16	69	103
20	15	160M	1765	53,3	6,7	8,11	2,3	2,4	90,0	91,0	92,4	0,65	0,76	0,80	1,15	0,10538	20	69	122
25	18,5	160L	1760	64,7	6,5	10,2	2,7	2,6	91,0	92,3	92,6	0,65	0,75	0,81	1,15	0,13048	18	69	139
30	22	180M	1760	73,9	7,0	12,2	2,5	2,6	91,5	92,5	93,0	0,71	0,80	0,84	1,15	0,19733	12	68	175
40	30	200M	1770	99,5	6,4	16,2	2,1	2,2	91,7	93,0	93,1	0,74	0,82	0,85	1,15	0,27579	20	71	217
50	37	200L	1770	123	6,0	20,2	2,2	2,2	92,4	93,0	93,2	0,75	0,82	0,85	1,15	0,35853	19	71	258
60	45	225S/M	1780	146	7,2	24,1	2,3	2,7	92,5	93,4	93,9	0,74	0,82	0,86	1,15	0,69987	21	75	369
75	55	225S/M	1775	176	7,2	30,2	2,2	2,8	92,5	92,6	92,2	0,76	0,85	0,88	1,15	0,67710	12	75	297

Anexo 7

Características de contactores e relés

Tabela A7.1-12 Características de contactores modulares CWM

Contatores Modulares CWM - Tripolares/Tetrapolares

Bobinas em corrente alternada (CA): 50/60Hz ou 60Hz ²⁾

Bobinas em corrente contínua (CC) ²⁾

		CWM9	CWM12	CWM18	CWM25	CWM32	
		Contatos auxiliares(NANF): 3 pólos: -10/-01/-11/-22 4 pólos: -00			Contatos auxiliares(NANF): 3 pólos: -00/-10/-01/-11/-22		
							
AC-3 Serviço normal de manobras de motores com rotor gaiola com desligamento em regime	I_n máx. ($U_n \leq 440V$) (A)	9	12	18	25	32	
	Potência 60Hz	220V (cv)	3	4	6	8,7	12,5
		380V (cv)	5,4	7,5	10	16,8	20
		440V (cv)	6	8,7	12,5	16,8	20
AC-4 Manobras pesadas. Acionar motores com carga plena; comando intermitente, reversão a plena marcha e paradas por contra-corrente	I_n máx. ($U_n \leq 440V$) (A)	5	7	8	12	16	
	Potência 60Hz	220V (cv)	1,5	2	2	4	6
		380V (cv)	3	4	5	7,5	10
		440V (cv)	3	5	6	7,5	12,5
AC-1 Manobras de cargas resistivas puras ou pouco indutivas	$I_n = I_n$ ($\theta \leq 55^\circ C$) (A)	25	25	32	45	60	
	Potência 50/60Hz	220V (kW)	9,5	9,5	12	17	22,5
		380V (kW)	16,5	16,5	21	29,5	39,5
		440V (kW)	19	19	24	34	45,5
Nº de pólos		3 pólos	4 pólos	3 pólos	4 pólos	3 pólos	
Fusível máximo (gI./gG) ¹⁾		25		35		50	

Anexo 7

Características de contactores e relés

Tabela A7.2-13 Características de contactores modulares CWM

CWM40	CWM50	CWM65	CWM80	CWM95	CWM105
Contatos auxiliares(NANF): 3 pólos: -00/-11/-22					
					
40	50	65	80	95	105
15	20	25	30	34	40
25	34	40	54	60	75
30	40	50	60	75	79
18,5	23	30	37	44	50
6	7,5	10	12,5	15	15
12,5	15	20	25	30	30
15	15	20	30	30	40
60	90	110	110	140	140
22,5	34	42	42	53	53
39,5	59	72,5	72,5	92	92
45,5	68,5	84	84	106,5	106,5
3 pólos	3 pólos				
80	100	125	125	160	200

Anexo 7

Características de contactores e relés

Tabela A7.3-14 Características eléctricas de relés térmicos

RELÉ	FAIXA DE AJUSTE	FUSÍVEL MÁXIMO ($I_{F \max}$)
RW 17D	0,28...0,40	2
	0,40...0,63	2
	0,56...0,80	2
	0,80...1,20	4
	1,20...1,80	6
	1,80...2,80	6
	2,80...4,00	10
	4,00...6,30	16
	5,60...8,00	20
	7,00...10,0	25
RW 27D	0,28...0,40	2
	0,40...0,63	2
	0,56...0,80	2
	0,80...1,20	4
	1,20...1,80	6
	1,80...2,80	6
	2,80...4,00	10
	4,00...6,30	16
	5,60...8,00	20
	7,00...10,0	25
	8,00...12,5	25
	10,0...15,0	35
	11,0...17,0	35
	15,0...23,0	50
	22,0...32,0	63
RW 67D	25,0...40,0	80
	32,0...50,0	100
	40,0...57,0	100
	50,0...63,0	100
	57,0...70,0	125
	63,0...80,0	125
RW 117.1D	75,0...97,0	200
	90,0...115,0	250
RW 117.2D	75,0...97,0	200
	90,0...115,0	250
RW 307D	100,0...150,0	315
	140,0...215,0	355
	200,0...310,0	500
RW 407D	275,0...420,0	710
	320,0...480,0	800
	400,0...600,0	1000
	560,0...840,0	1250

Anexo 8

Lâmpadas eléctricas e luminárias

Tabela A8.1-15 Características das lâmpadas eléctricas

Tipo de lâmpada	Potência (watts)	Fluxo luminoso (lumens)	Eficiência luminosa média (lm/watts)	Vida média (horas)	Vantagens	Desvantagens	Observação
Incandescente comum	40	470	12	1.000	Iluminação geral e localizada de interiores. Tamanho reduzido e custo baixo.	Baixa eficiência luminosa e, por isto, custo de uso elevado; alta produção de calor, vida média curta.	Ligação imediata sem necessidade de dispositivos auxiliares.
	60	780	13				
	100	1.480	15				
	150	2.360	16				
Mista	160	3.000	19	6.000	Substituem lâmpadas incandescentes normais de elevada potência. Pequeno volume. Boa vida média.	Custo elevado; demora 5 min para atingir 80 % do fluxo luminoso.	Não necessita de dispositivos auxiliares e é ligada somente em 220 volts.
	250	5.500	22				
	500	13.500	27				
Vapor de mercúrio*	80	3.500	44	15.000	Boa eficiência luminosa, pequeno volume, longa vida média.	Custo elevado que, no entanto, pode ser amortizado durante o uso; demora de 4 a 5 minutos para conseguir a emissão luminosa máxima.	Necessita de dispositivos auxiliares (reator) e é ligada somente em 220 volts.
	125	6.000	48				
	250	12.600	50				
	400	22.000	55				
	700	35.000	58				
Fluorescente comum*	15	850	57	7.500	Ótima eficiência luminosa e baixo custo de funcionamento. Boa reprodução de cores. Boa vida média.	Custo elevado de instalação.	Necessita de dispositivos auxiliares (reator + starter ou somente reator de partida rápida).
	20	1.200	53				
	30	2.000	69				
	40	3.000	69				
Fluorescente HO	60	3.850	64	10.000			
	85	5.900	69				
	110	8.300	76				
Fluorescente econômica*	16	1.020	64	7.500			
	32	2.500	78				
Fluorescente	5	250	50	5.000			

Anexo 8

Lâmpadas eléctricas e luminárias

Tabela A8.2-16 Factor de utilização lampadas fluorescentes

	K	10% (valor de refletância percentual do piso)							
 <p>TMS 1 - lâmpada de 65 W</p>	0,60	0,32	0,25	0,29	0,22	0,20	0,18	0,20	0,17
	0,80	0,39	0,31	0,35	0,29	0,26	0,24	0,26	0,22
	1,00	0,45	0,37	0,40	0,34	0,32	0,29	0,31	0,27
	1,25	0,50	0,43	0,45	0,39	0,37	0,34	0,36	0,32
	1,50	0,55	0,48	0,49	0,44	0,42	0,39	0,40	0,36
	2,00	0,61	0,55	0,56	0,50	0,50	0,46	0,46	0,42
	2,50	0,66	0,60	0,60	0,55	0,55	0,51	0,50	0,47
	3,00	0,69	0,64	0,63	0,58	0,59	0,55	0,53	0,55
	4,00	0,73	0,69	0,67	0,63	0,65	0,60	0,57	0,55
	5,00	0,76	0,72	0,69	0,66	0,69	0,63	0,60	0,58
 <p>TMS 426 - 2 lâmpadas de 40 W</p>	0,60	0,35	0,28	0,23	0,31	0,25	0,21	0,22	0,19
	0,80	0,43	0,36	0,30	0,38	0,32	0,27	0,28	0,24
	1,00	0,50	0,42	0,36	0,44	0,38	0,33	0,33	0,29
	1,25	0,56	0,49	0,43	0,49	0,43	0,38	0,38	0,34
	1,50	0,61	0,54	0,48	0,54	0,48	0,43	0,42	0,38
	2,00	0,68	0,61	0,56	0,60	0,55	0,50	0,48	0,45
	2,50	0,72	0,67	0,62	0,64	0,60	0,56	0,53	0,50
	 <p>HDK 472 - 1 lâmpada de 400 W</p>	0,60	0,50	0,46	0,50	0,45	0,42	0,42	0,45
0,80		0,58	0,53	0,57	0,52	0,49	0,49	0,52	0,49
1,00		0,63	0,59	0,62	0,58	0,56	0,55	0,58	0,55
1,25		0,68	0,64	0,67	0,63	0,61	0,61	0,63	0,60
1,50		0,72	0,68	0,70	0,67	0,65	0,65	0,66	0,64
2,00		0,77	0,74	0,75	0,73	0,71	0,71	0,72	0,70
2,50		0,80	0,77	0,78	0,76	0,75	0,74	0,75	0,74
3,00		0,82	0,80	0,80	0,79	0,78	0,77	0,77	0,76
4,00		0,84	0,82	0,82	0,81	0,81	0,80	0,80	0,79
5,00		0,85	0,84	0,83	0,82	0,83	0,81	0,81	0,80

Anexo 8

Lâmpadas eléctricas e luminárias

Tabela A8.3-17 Reactores HID para Lâmpadas a Vapor Metálico

Tabela 2.4 Características dos reatores Philips

Lâmpadas	Tensão	Corrente	Fator de potência	Perdas (W)	Modelo
Reatores simples					
1 × 16	127	0,63	0,33	11	
1 × 16	220	0,40	0,33	12	
1 × 20	127	0,75	0,35	12,0	
1 × 20	220	0,40	0,40	10,0	
1 × 32	127	0,65	0,46	7,0	TL
1 × 32	220	0,37	0,50	9,0	
1 × 40	127	0,92	0,45	10,0	
1 × 40	220	0,50	0,49	10,0	
1 × 110	220	0,60	0,95	15,0	
Reatores duplos					
2 × 16	127	0,40	0,95	13,0	
2 × 16	220	0,24	0,95	11,0	
2 × 20	127	0,45	0,95	15,0	
2 × 20	220	0,27	0,95	19,0	
2 × 32	127	0,67	0,95	9,0	TL HO
2 × 32	220	0,37	0,95	9,0	
2 × 40	127	0,80	0,95	12,0	
2 × 40	220	0,47	0,95	12,0	
2 × 110	127	1,90	0,95	19,0	

Anexo 9

Cálculo de barramentos

Tabela A9.1-18 Características de barramentos de seção tubular

Diâmetro exterior mm	Espes- sura da parede mm	Seção mm ²	Peso ¹⁾ kg/m	Material ²⁾	Corrente permanente em A c.c. e c.a. até 60 Hz			
					no interior pintado	nú	no exterior pintado	nú
20	2	113	1.01	E-Cu F 37	384	329	460	449
	3	160	1.43	E-Cu F 37	457	392	548	535
	4	201	1.79	E-Cu F 30	512	438	613	599
	5	236	2.10	E-Cu F 30	554	475	664	648
	6	264	2.35	E-Cu F 25	591	506	708	691
32	2	188	1.68	E-Cu F 37	602	508	679	660
	3	273	2.44	E-Cu F 37	725	611	818	794
	4	352	3.14	E-Cu F 30	821	693	927	900
	5	424	3.78	E-Cu F 30	900	760	1020	987
	6	490	4.37	E-Cu F 25	973	821	1100	1070
40	2	239	2.13	E-Cu F 37	744	624	816	790
	3	349	3.11	E-Cu F 37	899	753	986	955
	4	452	4.04	E-Cu F 30	1020	857	1120	1090
	5	550	4.90	E-Cu F 30	1130	944	1240	1200
	6	641	5.72	E-Cu F 25	1220	1020	1340	1300
50	3	443	3.95	E-Cu F 37	1120	928	1190	1158
	4	578	5.16	E-Cu F 30	1270	1060	1360	1316
	5	707	6.31	E-Cu F 30	1410	1170	1500	1458
	6	829	7.40	E-Cu F 25	1530	1270	1630	1578
	8	1060	9.42	E-Cu F 25	1700	1420	1820	1758
63	3	565	5.04	E-Cu F 30	1390	1150	1440	1390
	4	741	6.61	E-Cu F 30	1590	1320	1650	1590
	5	911	8.13	E-Cu F 30	1760	1460	1820	1758
	6	1070	9.58	E-Cu F 25	1920	1590	1990	1910
	8	1380	12.3	E-Cu F 25	2150	1780	2230	2148
80	3	726	6.47	E-Cu F 30	1750	1440	1760	1690
	4	955	8.52	E-Cu F 30	2010	1650	2020	1930
	5	1180	10.5	E-Cu F 30	2230	1820	2230	2148
	6	1400	12.4	E-Cu F 25	2430	1990	2440	2340
	8	1810	16.1	E-Cu F 25	2730	2240	2740	2630
100	3	914	8.15	E-Cu F 30	2170	1770	2120	2020
	4	1210	10.8	E-Cu F 30	2490	2030	2430	2320
	5	1490	13.3	E-Cu F 30	2760	2250	2700	2580
	6	1770	15.8	E-Cu F 25	3020	2460	2950	2820
	8	2310	20.6	E-Cu F 25	3410	2780	3330	3180
120	4	1460	13.0	E-Cu F 30	2970	2400	2830	2690
	5	1810	16.1	E-Cu F 30	3300	2670	3150	2890

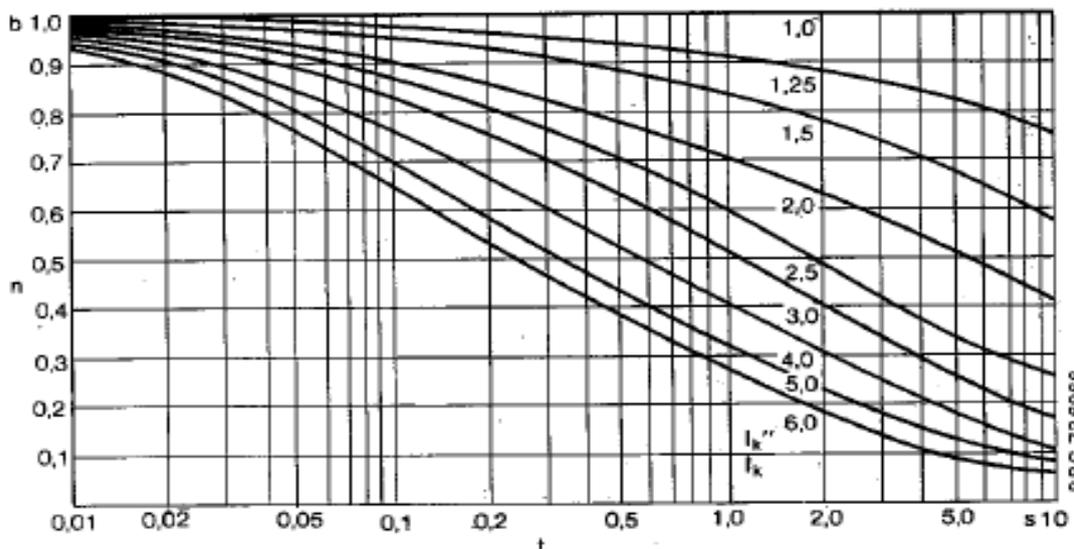
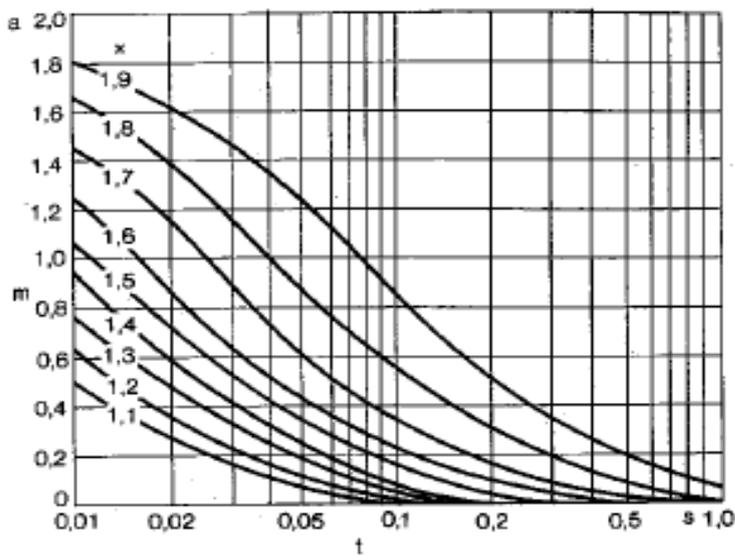
Anexo 9

Cálculo de barramentos

Tabela A9.2-19 Factor K

FACTOR K	
Condutores nus em cobre	159
Condutores nus em alumínio	104
Condutores nus em liga de alumínio	97

Tabela A8.3-19 Valores de m e n



Anexo 10

Aterramento eléctrico

Tabela A10.1-20 Resistividade dos terrenos de acordo com a natureza

TIPO DE SOLO	RESISTIVIDADE [$\Omega.m$]
Lama	5 a 100
Terra de jardim com 50% de umidade	140
Terra de jardim com 20% de umidade	480
Argila seca	1.500 a 5.000
Argila com 40% de umidade	80
Argila com 20% de umidade	330
Areia molhada	1.300
Areia seca	3.000 a 8.000
Calcário compacto	1.000 a 5.000
Granito	1.500 a 10.000

Tabela A10.2-20 Hastes paralelas e igualmente espaçadas

$L = 2m \quad d = \frac{1}{2}'' \quad R_{1 \text{ haste}} = 0,513\rho_a$								
Espaçamentos	2m		3m		4m		5m	
Número de Hastes	R_{eq} [Ω]	K						
2	0,291 ρ_a	0,568	0,281 ρ_a	0,548	0,276 ρ_a	0,537	0,272 ρ_a	0,530
3	0,210 ρ_a	0,410	0,199 ρ_a	0,388	0,192 ρ_a	0,375	0,188 ρ_a	0,367
4	0,167 ρ_a	0,326	0,155 ρ_a	0,303	0,149 ρ_a	0,291	0,145 ρ_a	0,283
5	0,140 ρ_a	0,272	0,128 ρ_a	0,250	0,122 ρ_a	0,239	0,119 ρ_a	0,231
6	0,121 ρ_a	0,235	0,110 ρ_a	0,214	0,104 ρ_a	0,203	0,101 ρ_a	0,196
7	0,106 ρ_a	0,208	0,096 ρ_a	0,188	0,091 ρ_a	0,177	0,087 ρ_a	0,171
8	0,096 ρ_a	0,186	0,086 ρ_a	0,167	0,081 ρ_a	0,157	0,078 ρ_a	0,151
9	0,087 ρ_a	0,169	0,078 ρ_a	0,151	0,073 ρ_a	0,142	0,070 ρ_a	0,136
10	0,080 ρ_a	0,155	0,071 ρ_a	0,138	0,066 ρ_a	0,129	0,063 ρ_a	0,123
11	0,074 ρ_a	0,144	0,065 ρ_a	0,127	0,061 ρ_a	0,119	0,058 ρ_a	0,113
12	0,069 ρ_a	0,134	0,061 ρ_a	0,118	0,056 ρ_a	0,110	0,054 ρ_a	0,105
13	0,064 ρ_a	0,125	0,057 ρ_a	0,110	0,052 ρ_a	0,102	0,050 ρ_a	0,097
14	0,060 ρ_a	0,118	0,053 ρ_a	0,103	0,049 ρ_a	0,096	0,047 ρ_a	0,091
15	0,057 ρ_a	0,111	0,050 ρ_a	0,097	0,046 ρ_a	0,090	0,044 ρ_a	0,086

Anexo 11

Características de exaustores axiais

Tabela A11-21 Características de exaustores axiais

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS											
Modelo	Tensão (V)	Corrente (A)	Potência (W)	Rotação (RPM)	Vazão (M ³ /min)	Pressão (mmH ₂ O)	Ruído (dBa)	Diâmetro (mm)	Largura (mm)	Peso (Kg)	Hélice (material / n de pás)
EQ300M4	127 / 220	1,5 / 0,8	1/5	1720	35	10	75	300	200	8,5	Alumínio / 5 pás
EQ300M6	127 / 220	0,80 / 0,35	1/7	1140	20	6	65	300	200	8,5	Alumínio / 5 pás
EQ300T4	220 / 380	0,60 / 0,32	1/5	1740	35	10	75	300	200	8,5	Alumínio / 5 pás
EQ300T6	220 / 380	0,4 / 0,2	1/7	1150	20	6	65	300	200	8,5	Alumínio / 5 pás
EQ300TRM4	127 / 220	8,4 / 4,2	1/2	2260	50	25	83	333	350	30	Alumínio / 5 pás
EQ300TRT4	220 / 380	2,1 / 1,2	1/2	2260	50	25	83	333	350	30	Alumínio / 5 pás
EQ400M4	127 / 220	2,5 / 1,3	1/4	1700	75	15	82	400	230	10	Alumínio / 6 pás
EQ400M6	127 / 220	1,5 / 0,7	1/5	1100	55	8	70	400	230	10	Alumínio / 6 pás
EQ400T4	220 / 380	1,4 / 0,8	1/4	1700	75	15	82	400	230	10	Alumínio / 6 pás
EQ400T6	220 / 380	0,5 / 0,3	1/5	1100	55	8	70	400	230	10	Alumínio / 6 pás
EQ400TRM4	127 / 220	13,5 / 6,8	1	2000	80	35	85	435,5	400	37,5	Alumínio / 6 pás
EQ400TRT4	220 / 380 / 440	3,1 / 1,8 / 1,5	1	2000	80	35	85	435,5	400	37,5	Alumínio / 6 pás
EQ500M4	127 / 220	7,5 / 4,0	1/2	1550	140	18	86	500	300	19	Alumínio / 6 pás
EQ500M6	127 / 220	3,0 / 1,5	1/3	1085	105	12	76	500	300	19	Alumínio / 6 pás
EQ500T4	220 / 380	2,5 / 1,8	1/2	1610	140	18	85	500	300	19	Alumínio / 6 pás
EQ500T6	220 / 380	1,0 / 0,6	1/3	1015	105	12	72	500	300	19	Alumínio / 6 pás
EQ500TRM4	127 / 220	27,6 / 13,8	2	2000	170	50	92	535,5	470	47	Nylon / 10 pás
EQ500TRT4	220 / 380 / 440	6,1 / 3,5 / 3,1	2	2000	170	50	92	535,5	470	47	Nylon / 10 pás
EQ600T4 (Siemens)	220 / 380 / 440	4,5 / 2,6 / 2,3	1,1 / 2	1700	190	25	92	600	333	30	Alumínio / 6 pás
EQ600T6	220 / 380 / 440	3,5 / 2,0 / 1,8	3/4	1100	140	15	80	600	333	25,5	Alumínio / 6 pás
EQ600TRM4	127 / 220	31,0 / 15,5	3	2000	260	50	95	635,5	500	57,5	Nylon / 10 pás
EQ600TRT4	220 / 380 / 440	8,9 / 5,1 / 4,5	3	2000	260	50	95	635,5	500	57,5	Nylon / 10 pás
EQ700T6 (Siemens)	220 / 380 / 440	5,5 / 3,2 / 2,8	1,1 / 2	1100	220	20	86	700	450	41	Alumínio / 9 pás
EQ800T6	220 / 380 / 440	5,5 / 3,2 / 2,8	1,1 / 2	1100	310	30	90	800	450	44	Alumínio / 9 pás
EQ1000T8	220 / 380 / 440	7,6 / 4,4 / 3,8	2	850	420	28	85	1000	500	93	Alumínio / 9 pás

Anexo 12

Características eléctricas dos postos de transformação rural

Tabela A12.1-22 Tensões nominais dos para raios

TENSÃO NOMINAL DA REDE (KV)	Tensão nominal dos Pára-raios "XBE"	
	Neutro isolado	Neutro à terra
6,6	7,2	6
11	12	12
22	24	24
30	36	30
33	36	30

Tabela A12.2-22 Características nominais dos drop outs

Tensão de fabrico	Tensão nominal (KV)	Corrente nominal (A)	Capaci. corte (KA)	Tensão choque (KV)	Distânci. fuga (mm)
15,5	até 14	100	10	95	216
27,0	26 - 35	100	8	150	432

Anexo 13

Características técnicas dos cabos de liga de alumínio com alma de aço

Tabela A13-23 Características técnicas dos cabos de liga de alumínio com alma de aço

Designação		Area (mm ²)			Nr de fios		Diâmetro de fios (mm)		Diâmetro (mm)		Massa (Kg/Km)	Carga de rot. nominal (KN)	Resi. electr. Max. (a 20°C Ω/Km)	Modulo de elasticidade final (N/mm ²)	Coeficiente linear de expansão 1/K	Capacidade nominal (A)	Peso de massa protectora de acordo com EN50182			
Nova	Antiga	Al	Aço	Total	Al	Aço	Al	Aço	Al	Aço							Caso1	Caso2	Caso3	Caso4
11-AL1/2-ST1A	MOLE	10.6	10.6	1.8	6	1	1.5	1.5	1.5	4.5	42.8	4.14	2.7027	76000	1.86E-05	85			2.5	0.4
21-AL1/3-ST1A	SQUIRREL	21	3.4	24.5	6	1	2.11	2.11	2.11	6.33	84.7	7.87	1.3659	76000	1.86E-05	130			4.9	0.8
26-AL1/4-ST1A	GOPHER	26.2	4.4	30.6	6	1	2.36	2.36	2.36	7.08	106	9.58	1.0919	76000	1.86E-05	150			6.1	0.9
32-AL1/5-ST1A	WEASEL	31.6	5.3	36.9	6	1	2.59	2.59	2.59	7.77	127.6	11.38	0.9065	76000	1.86E-05	170			7.3	1.1
37-AL1/6-ST1A	FOX	36.7	6.1	42.8	6	1	2.79	2.79	2.79	8.37	148.1	13.21	0.7812	76000	1.86E-05	185			8.5	1.3
42-AL1/7-ST1A	FERRET	42.4	7.1	49.5	6	1	3	3	3	9	171.2	15.27	0.6757	76000	1.86E-05	205			9.8	1.5
53-AL1/9-ST1A	RABBIT	52.9	8.8	61.7	6	1	3.33	3.33	3.33	10.1	213.5	18.42	0.5419	76000	1.86E-05	240			12.2	1.9
63-AL1/11-ST1A	MINK	63.1	10.5	73.6	6	1	3.66	3.66	3.66	11	254.9	21.67	0.451	76000	1.86E-05	265			14.6	2.3
63-AL1/37-ST1A	SKUNK	63.2	36.9	100.1	12	7	2.59	2.59	2.59	13	463	52.79	0.4568	104000	1.53E-05	280	7.3		22	12
75-AL1/13-ST1A	BEAVER	75	12.5	87.5	6	1	3.99	3.99	3.99	12	302.9	35.76	0.382	76000	1.86E-05	300			17.4	2.7
73-AL1/43-ST1A	HORSE	73.4	42.8	116.2	12	7	2.79	2.79	2.79	14	537.3	61.26	0.3936	104000	1.53E-05	30	8.5		25.5	13.9
79-AL1/13-ST1A	RACCON	78.8	13.1	92	6	1	4.09	4.09	4.09	12.3	318.3	27.06	0.3635	76000	1.86E-05	302			18.2	2.8
84-AL1/14-ST1A	ATTER	83.9	14	97.9	6	1	4.22	4.22	4.22	12.7	338.8	28.81	0.3415	76000	1.86E-05	320			19.4	3
95-AL1/16-ST1A	CAT	95.4	15.9	111.3	6	1	4.5	4.5	4.5	13.5	385.3	32.76	0.3003	76000	1.86E-05	345			22.1	3.4
105-AL1/17-ST1A	HARE	105	17.5	122.5	6	1	4.72	4.72	4.72	14.2	423.8	36.04	0.273	76000	1.86E-05	370			24.3	3.8
105-AL1/14-ST1A	DOG	105	13.6	118.6	6	7	4.72	4.72	4.72	14.2	394	32.65	0.2733	57000	2.23E-05	370			24.3	22.8
132-AL1/20-ST1A	COYOTE	131.7	20.1	151.8	26	7	2.54	2.54	2.54	15.9	520.7	45.86	0.2192	72000	1.90E-05	425	4.3	16	34.8	16.7
132-AL1/7-ST1A	COUGAR	131.5	7.3	138.8	18	1	3.05	3.05	3.05	15.3	418.8	29.74	0.2188	63000	2.10E-05	420		105	30.5	25.2
131-AL1/31-ST1A	TIGER	131.2	30.6	161.9	30	7	2.36	2.36	2.36	16.5	602.2	57.87	0.2202	80000	1.79E-05	430	6.1	18.3	36.5	30.3
158-AL1/37-ST1A	WOLF	158.1	36.9	194.9	30	7	2.59	2.59	2.59	18.1	725.3	68.91	0.1829	80000	1.79E-05	485	7.3	22	44	20.1
159-AL1/9-ST1A	DINGO	158.7	8.8	167.5	18	1	3.35	3.35	3.35	16.8	505.2	35.87	0.1814	63000	2.10E-05	475		12.2	36.8	35.2
183-AL1/43-ST1A	LYNX	183.4	42.8	226.2	30	7	2.79	2.79	2.79	19.5	841.6	79.97	0.1576	80000	E17.9E-6	535	8.5	25.5	51.1	23.3
184-AL1/10-ST1A	CARACAL	184.2	10.2	194.25	18	7	3.61	3.61	3.61	18.1	586.7	40.74	0.1562	63000	2.19E-05	525		14.2	42.7	40.7
212-AL1/49-ST1A	PANTHER	212.1	49.5	261.5	30	7	3	3	3	21	973.1	92.46	0.1363	80000	1.79E-05	585	9.8	29.5	59	26.7
211-AL1/12-ST1A	JAGUAR	210.6	11.7	222.3	18	7	3.86	3.86	3.86	19.3	670.8	46.57	0.1366	63000	2.19E-05	570		16.2	48.9	45.7
238-AL1/56-ST1A	LION	238.3	55.6	293.9	30	7	3.18	3.18	3.18	22.3	1093.4	100.47	0.1213	80000	1.79E-05	635	11	33.2	66.3	50.7
264-AL1/62-ST1A	BEAR	264.4	61.7	326.1	30	7	3.35	3.35	3.35	23.5	1231.4	111.5	0.1093	80000	1.79E-05	680	12.2	36.8	73.6	62.2
324-AL1/76-ST1A	GOAT	324.3	75.7	400	30	7	3.71	3.71	3.71	26	1488.2	135.13	0.0891	80000	1.79E-05	775	15	45.1	90.3	72
375-AL1/88-ST1A	SHEEP	375.1	87.5	462.6	30	7	3.99	3.99	3.99	27.9	1721.3	156.3	0.0771	80000	1.79E-05	850	17.4	52.2	104.4	73.7
374-AL1/48-ST1A	ANTELOPE	374.1	48.5	422.6	54	7	2.97	2.97	2.97	26.7	1413.8	118.88	0.0773	70000	1.94E-05	840	9.6	57.9	96.4	75.2

Anexo 14

Factores de Demanda

Tabela A14-24 Factor de demanda para alimentação principal de diferentes instalações eléctricas

Tipo de instalação ou construção	Factor de demanda <i>g</i> para alimentação principal	Observações
Construções residenciais		
Casas	0.4	Aplicar para uso médio por habitação
Blocos ou flats		Demanda total = aquecimento +a.c
- Demanda geral (excl. aquecimento eléctrico)	0.6 a 10	
- Aquecimento eléctrico e ar condicionado		
Construções públicas		
Hóteis, etc	0.6 a 0.8	Forte demanda de energia
Pequenos escritórios	0.5 a 0.7	- influenciado pelo clima ex: no tropical há maior procura por ar condicionados
Grandes escritório(Bancos, companhias seguradoras, administração pública)	0.7 a 8	
Lojas	0.5 a 0.7	- no ártico maior procura por aquecimento electrico
Lojas de departamentos	0.7 a 0.9	
Escolas, etc	0.6 a 0.7	
Hospitais	0.5 a 0.75	
Locais de reunião (estádios, teatros, restaurantes) igrejas,	0.6 a 0.8	
Estações ferroviarias, aeroportos , etc.	Sem generalização	Influenciado pelo tipo de instalação
Engenharia mecânica		
Metalurgia	0.25	
Automobilística	0.25	
Fábrica de papel e celulose	0.5 a 0.7	Depende das unidades de espera
Indústria textil		
Fiação	0.75	
Tecelagem, acabamento	0.6 a 0.7	
Indústrias diversas		
Madeira	0.6 a 0.7	
Borracha	0.6 a 0.7	
Couro	0.6 a 0.7	
Indústria química	0.5 a 0.7	A alimentação deve ser dimensionada atendendo a sensibilidade dos processos de produção química aliados á falha de energia
Indústria de petróleo		
Fábricas de cimento	0.8 a 0.9	Cerca de 3500 toneladas em saídas por dia com 500 motores(Grandes fábricas com acionamento de motores de alta tensão
Indústria alimentar		
Silos	0.8 a 0.9	
Mineração		
Carvão duro		
Trabalhos subterrâneos	1	
Processamento	0.8 a 1	
Carvão marrom		
Geral	0.7	

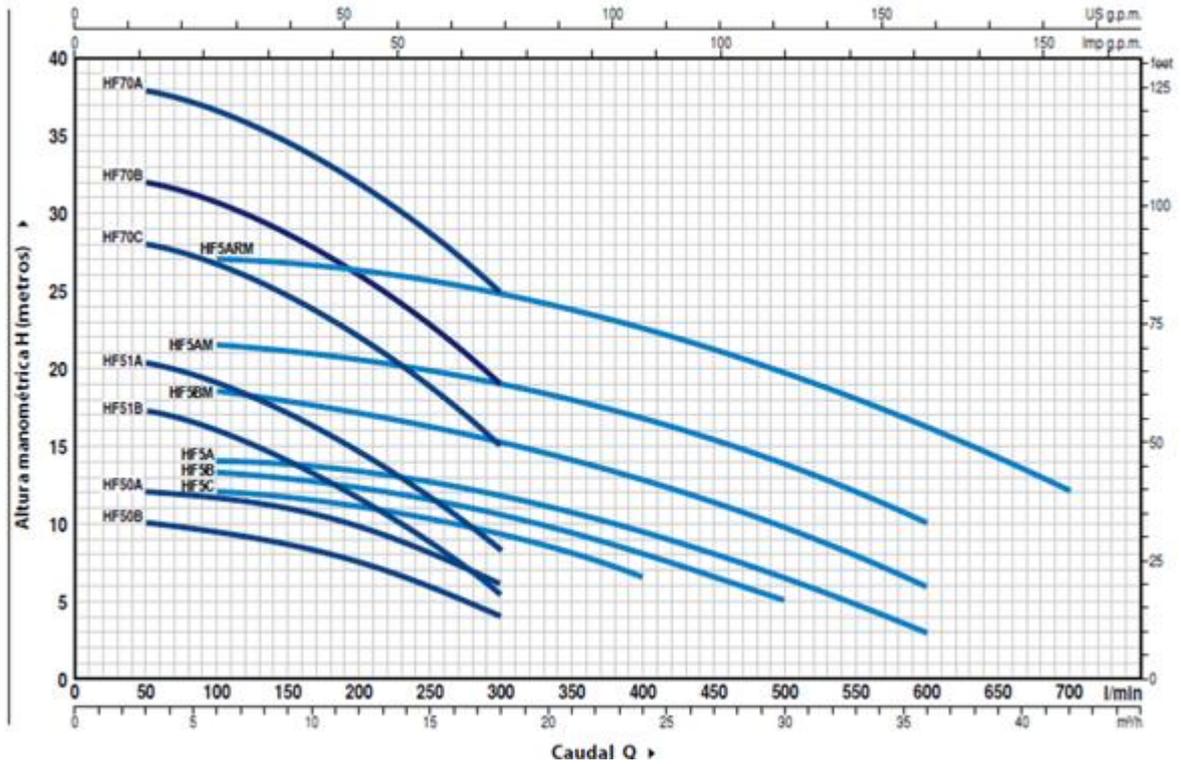
Anexo 15

Bombas centrífugas

Tabela A15-25 altura manométrica VS caudal



60 Hz n= 3450 rpm HS= 0 m



Anexo 16

Levantamento de carga

Tabela A16-26 Tabela de cálculo luminotécnico

Compartimento				1	2	3	4	5	6	7
1	Utilização			Sala admi	Escrit.	Copa	WC1	WC2	Area ind.	Guarita
2	Comprimento	C	m	4.03	3.95	3.95	2	2	28.25	2
3	Largura	L	m	3	4	4	1	1	17	2
4	Altura	H	m	3	3	3	3	3	8	3
5	Área	s	m ²	13	14	15	2	2	468	4
6	Volume	v	m ³	36	40	42	7	7	3649	11
7	Tipo Iluminação	-	-	Directa	Directa	Directa	Directa	Directa	Directa	Directa
8	Altura Montagem	Hm	M	2	2	2	2	2	6	2
9	Índice Local	K	-	1	1	1	0	0	2	1
10	F. Reflexão Tectos	p t	%	70	70	70	70	70	70	70
11	Paredes	p p	%	50	50	50	50	50	50	50
12	Solo	p s	%	10	10	10	10	10	10	10
13	Tipo Armadura	-	-	H	H		H	H	J	H
14	F. Utilização	F _u	%	1	1	1	1	1	1	1
15	F. Manutenção	F _m	%	1	1	1	1	1	1	1
16	Rendimento Global	η	%	0	0	0	0	0	1	1
17	Nível Recomendado	Er	Lux	500	500	200	150	150	500	250
18	Fluxo Virtual	∅ _v	Lm	6508	7169	3034	360	360	233910	1000
19	Fluxo Necessário	∅	Lm	21695	23898	10112	750	750	405039	1667
20	Nº Armaduras	N	-	4	4	2	1	1	32	1
21	Fluxo por Armadura	∅ _a	Lm	6000	6000	6000	1200	1200	12600	1200
22	Fluxo Total	∅ _t	Lm	21695	23898	10112	750	750	405039	1667
23	Iluminância Inic.	E _i	Lux	833	833	333	250	250	667	417
24	Iluminância Serviço	E _s	Lux	400	400	200	150	150	500	250
25	Potência Armadura	p _a	watt	92	92	92	30	30	272	30
26	Potência Total	p	Watt	333	366	155	19	19	8744	42

Anexo 17

Relatório de progresso

Tabela A17.1-27 Relatório de progresso



UNIVERSIDADE
EDUARDO
MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA
CURSO DE ENGENHARIA ELÉCTRICA

RELATÓRIO DE PROGRESSO

REFERÊNCIA DO TEMA: 2024ELTLD03	Data: 19/02/2024
---------------------------------	------------------

1. CONTROLE DE EXECUÇÃO

ACTV.	DATA	ESTÁGIO (%)	OBSERVAÇÕES	RÚBRICA
1	04/03/24	30	Melhorar a linguagem e encurtar o tema;	<i>[Signature]</i>
	11/03/24		O resumo deve abordar a introdução, problema e justificativa, desenvolvimento (o que foi feito) e conclusão;	<i>[Signature]</i>
2	25/03/24		Definir os conceitos fundamentais e necessários;	<i>[Signature]</i>
				<i>[Signature]</i>
				<i>[Signature]</i>
3	09/04/24		Pode avançar para a parte prática	<i>[Signature]</i>
	19/04/24		Rever as formulas de dimensionamento de canalizações;	<i>[Signature]</i>
	26/04/24		Pode passar para a próxima etapa;	<i>[Signature]</i>
4	03/05/24		Rever a paginação dos anexos	<i>[Signature]</i>
	17/05/24		Organizar todo o trabalho (Índice, títulos, subtítulos);	<i>[Signature]</i>
	24/05/24		Melhorar a conclusão (Falar do que foi feito a respeito dos objectivos definidos);	<i>[Signature]</i>
5	03/06/24		Falta o desenho eléctrico da fábrica;	<i>[Signature]</i>
	14/06/24		Representar as saídas no esquema do PT;	<i>[Signature]</i>
	21/06/24		Completar a lista de material e fazer a estimativa de custo;	<i>[Signature]</i>

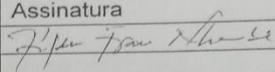
Anexo 17

Relatório de progresso

Tabela A17.2-28 Relatório de progresso

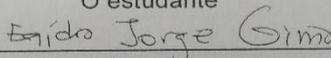
Observações:

SUPERVISORES

	Nome	Assinatura
Da UEM	Engº. Hélder Nhambi	
Co-supervisor		
Da Instituição		

Maputo, 19 de Abril de 2024

O estudante



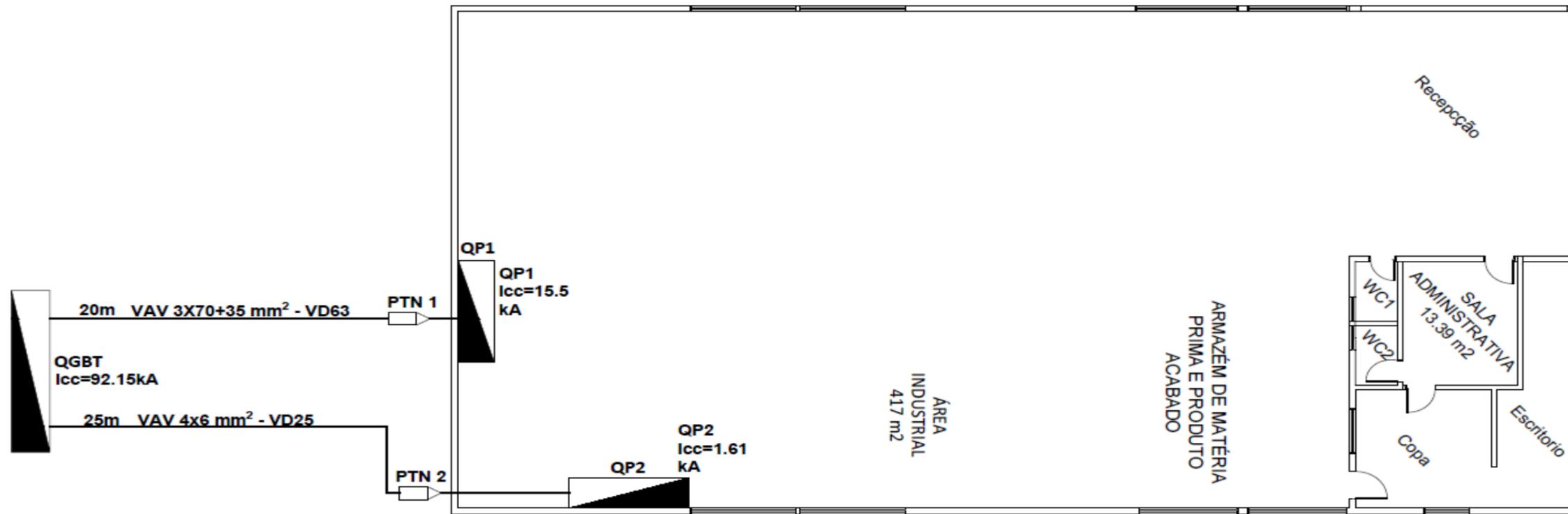
(Gimo, Egídio Jorge)

Apêndices

Apêndice 18

Esquema de Implantação

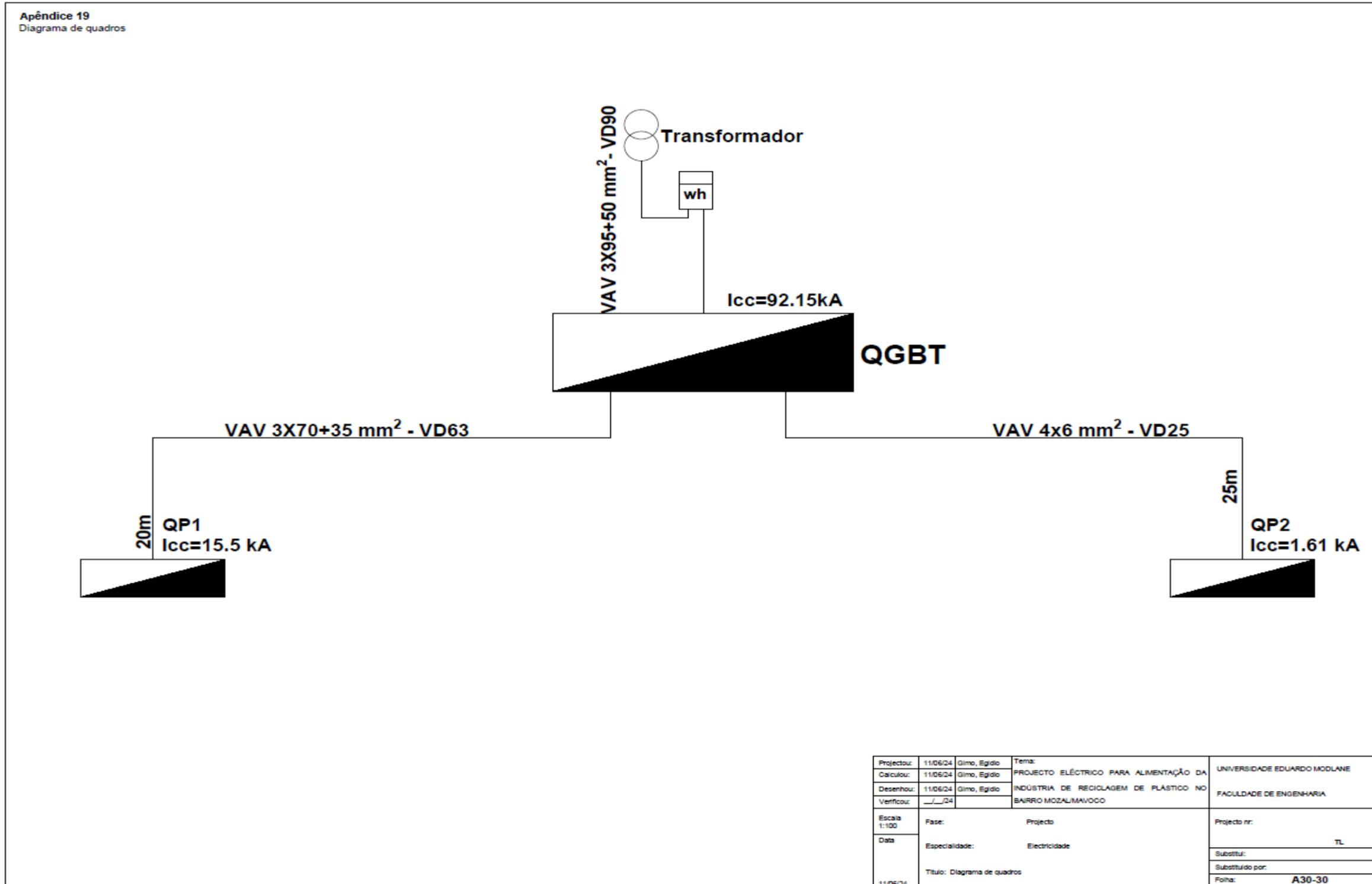
Apêndice 18
Esquema de implantação



Projectou:	11/06/24	Gimo, Egídio	Tema:	UNIVERSIDADE EDUARDO MODLANE
Calculou:	11/06/24	Gimo, Egídio	PROJECTO ELÉCTRICO PARA ALIMENTAÇÃO DA	FACULDADE DE ENGENHARIA
Desenhou:	11/06/24	Gimo, Egídio	INDÚSTRIA DE RECILOGEM DE PLÁSTICO NO	
Verificou:	11/06/24		BARRO MOZALIMAVOODO	
Escala 1:100	Fase:	Projecto	Projecto nr:	
Data	Especialidade:	Electricidade		TL
11/06/24	Título:	Esquema de Implantação	Substituído por:	
			Folha:	A29-29

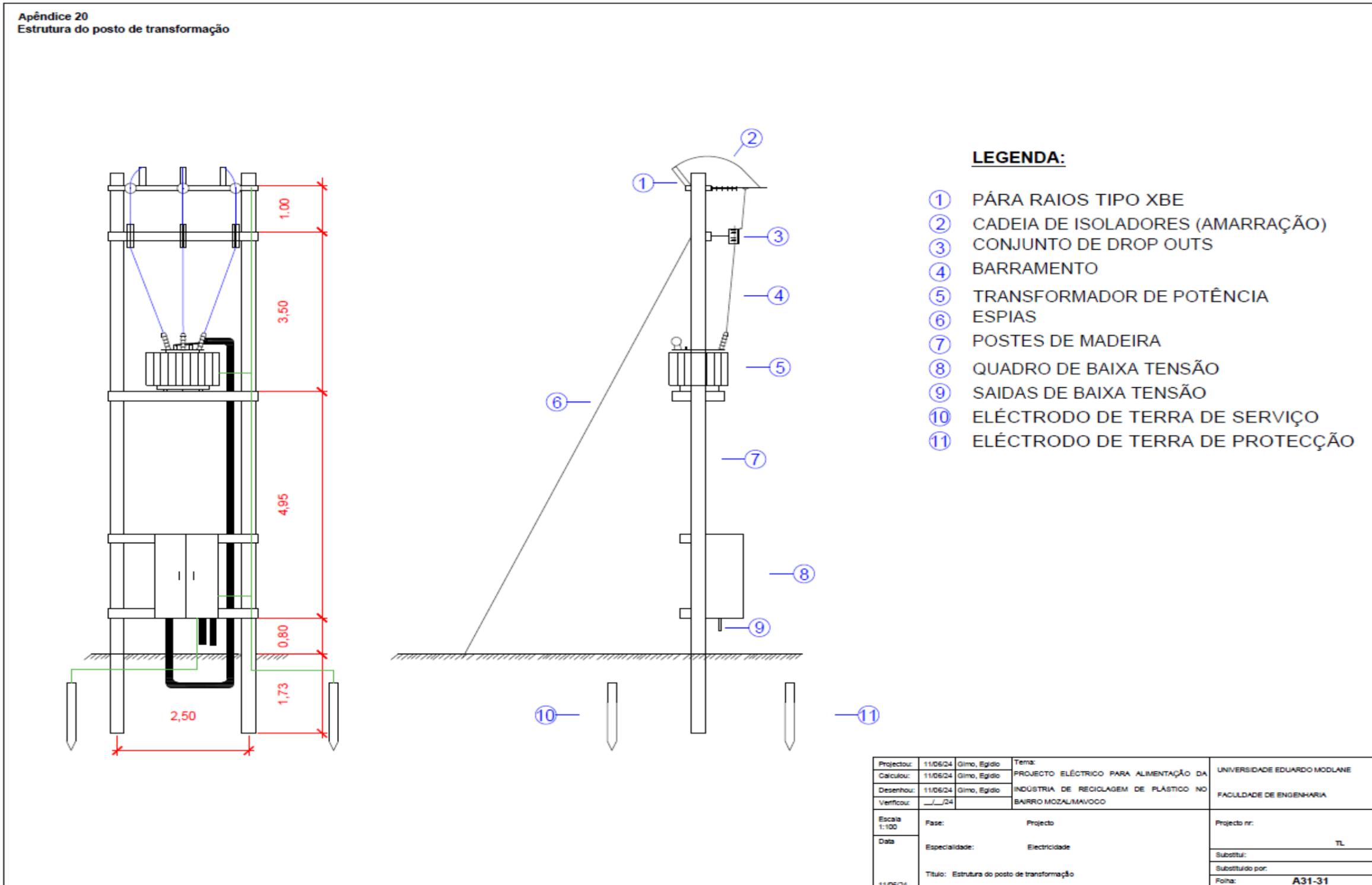
Apêndice 19

Diagrama de quadros



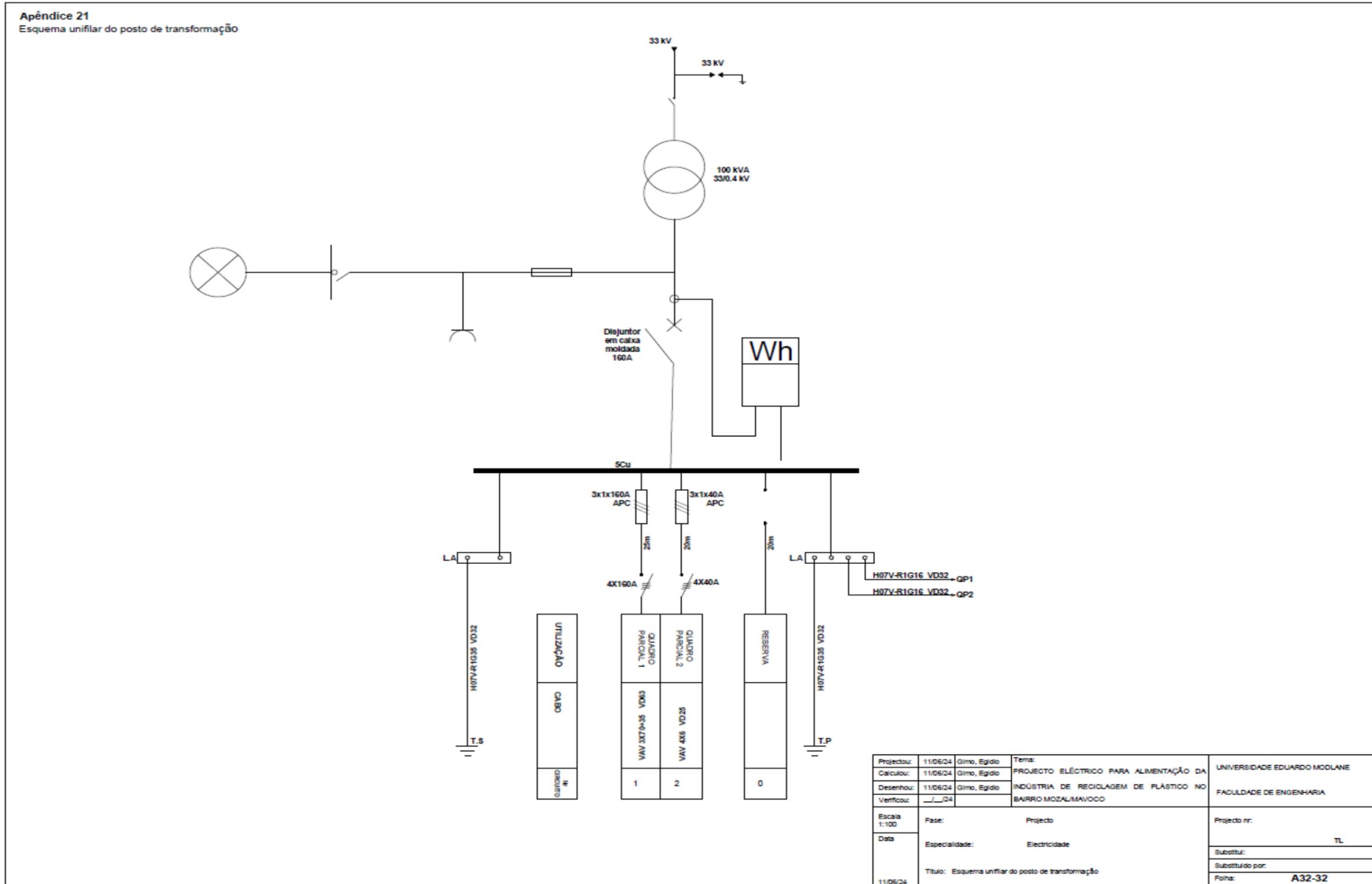
Apêndice 20

Estrutura do posto de transformação



Apêndice 21

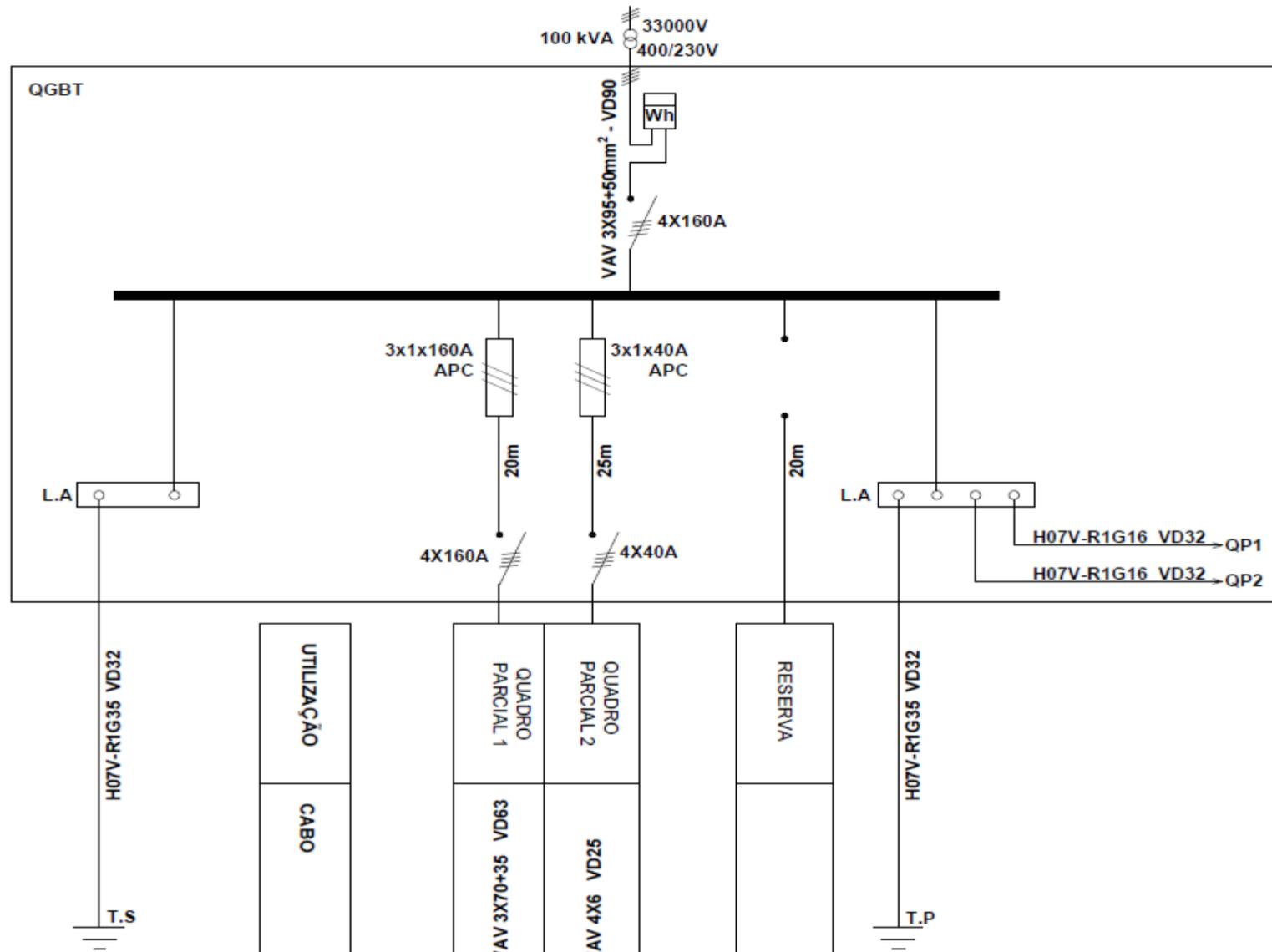
Esquema unifilar do posto de transformação



Apêndice 22

Configuração do Quadro geral de Baixa Tensão

Apêndice 22
Configuração do Quadro Geral de Baixa Tensão

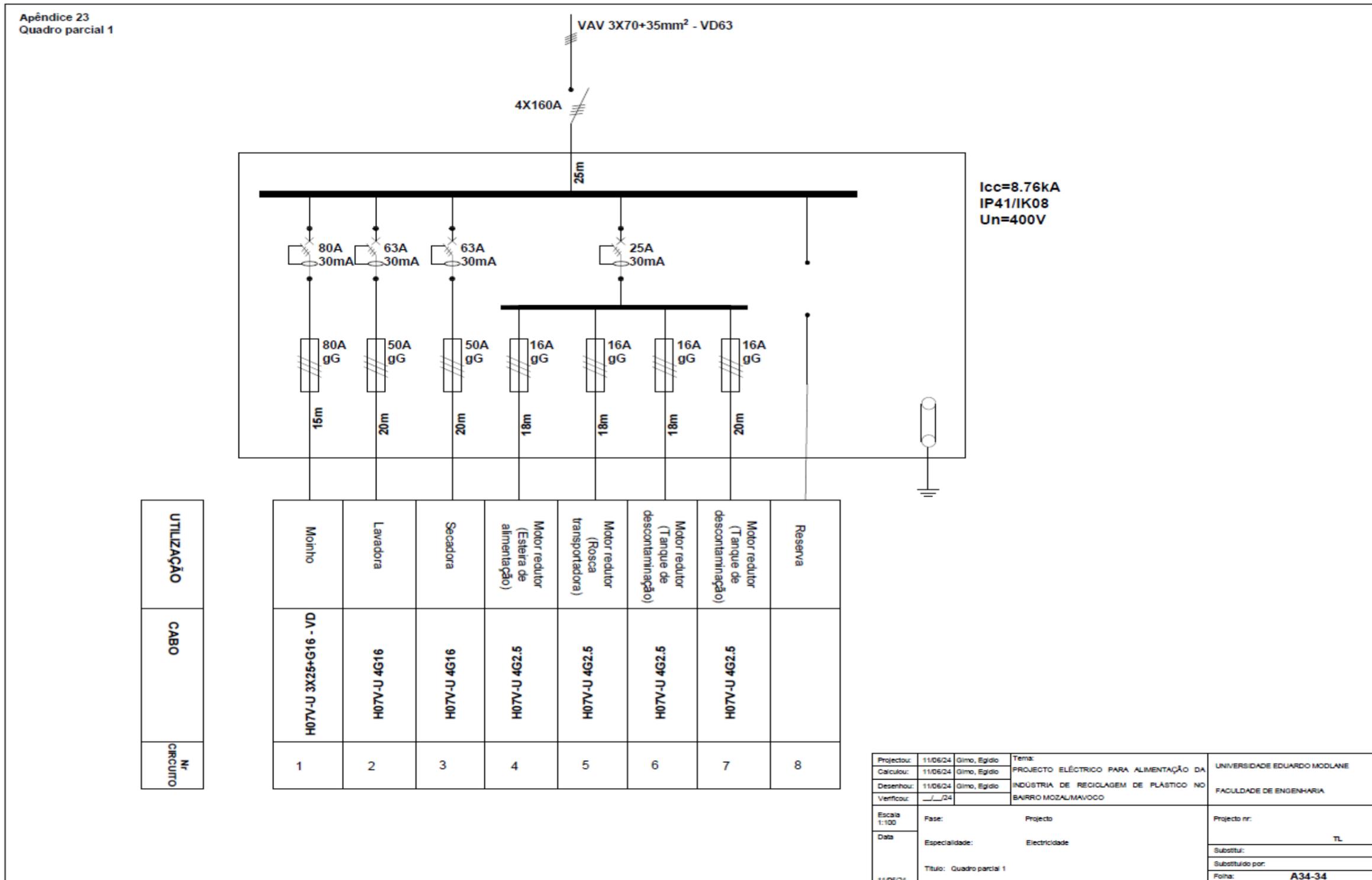


UTILIZAÇÃO	QUADRO PARCIAL 1	QUADRO PARCIAL 2	RESERVA
CABO	VAV 3X70+35 VD63	VAV 4X6 VD25	
Nº CIRCUITO	1	2	0

Projectou:	11/05/24	Gimo, Egido	Tema:	PROJECTO ELÉCTRICO PARA ALIMENTAÇÃO DA	UNIVERSIDADE EDUARDO MODLANE
Calculou:	11/05/24	Gimo, Egido		INDÚSTRIA DE RECICLAGEM DE PLÁSTICO NO	FACULDADE DE ENGENHARIA
Desenhou:	11/05/24	Gimo, Egido		BAIRRO MOZALIMAVOCO	
Verificou:	11/05/24				
Escala:	1:100		Fase:	Projecto	Projecto nr:
Data:	11/05/24		Especialidade:	Electricidade	TL
			Título:	Configuração do Quadro geral de Baixa Tensão	Substituído por:
					Folha:
					A33-33

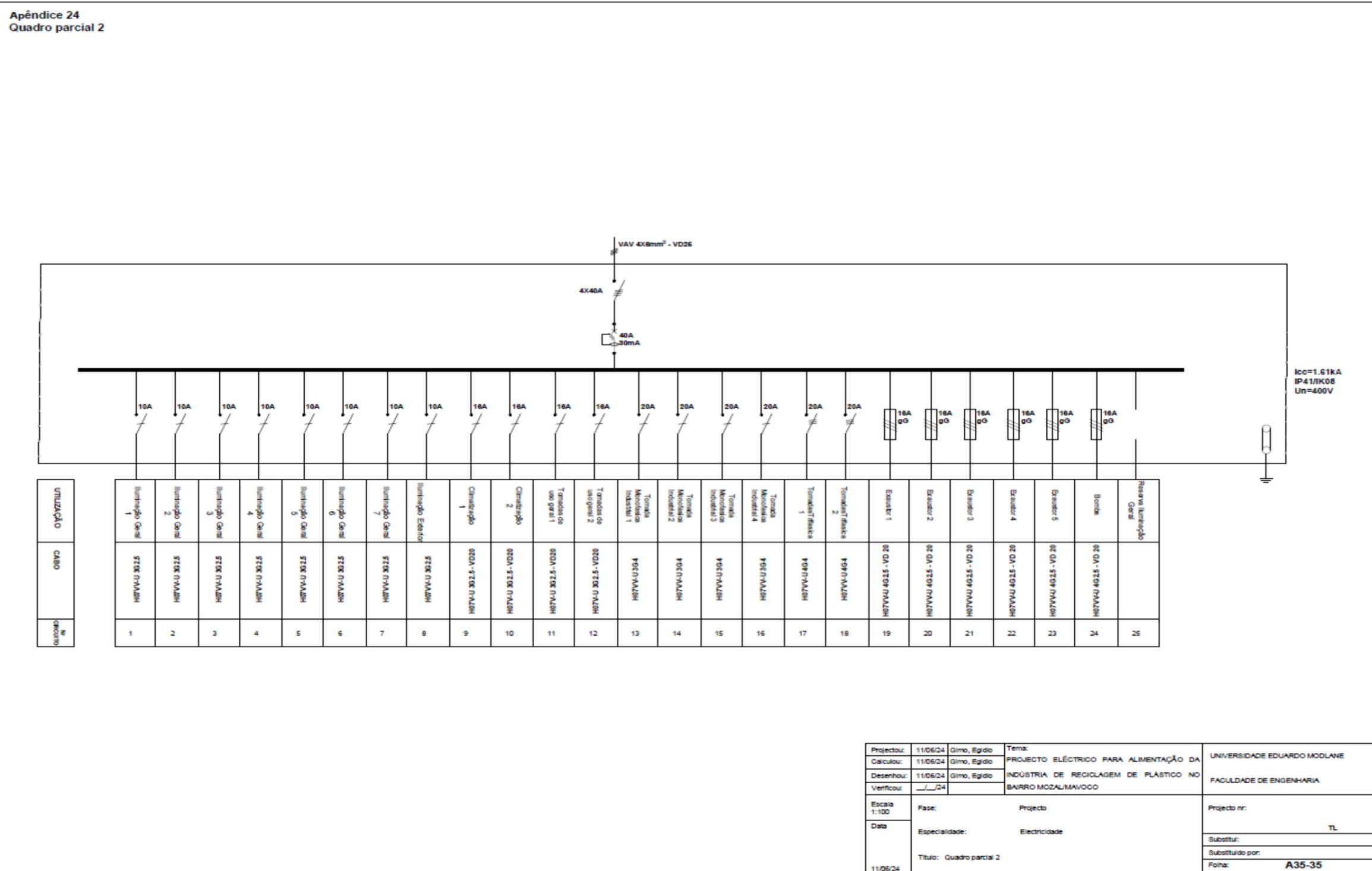
Apêndice 23

Quadro parcial 1



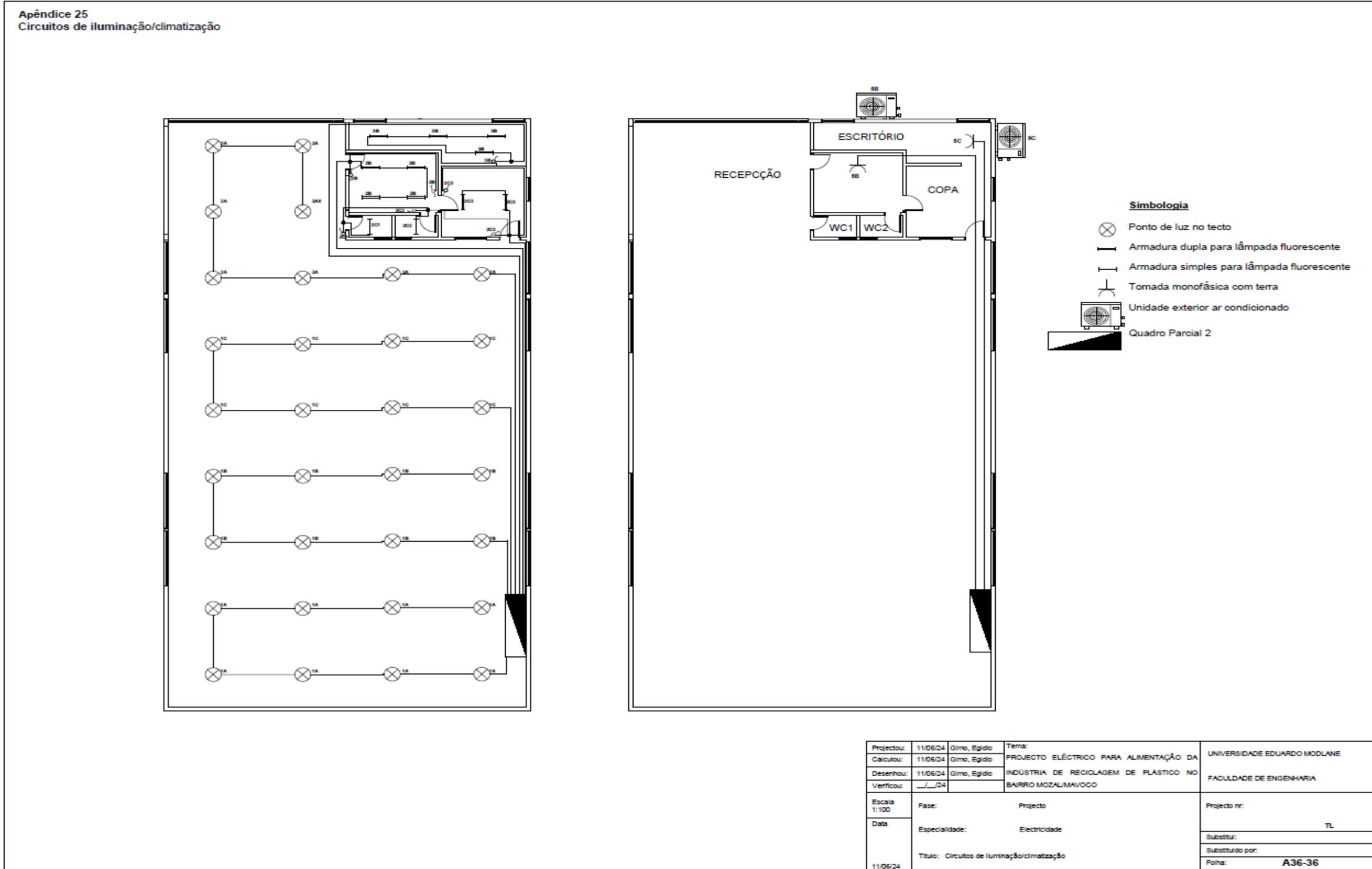
Apêndice 24

Quadro parcial 2



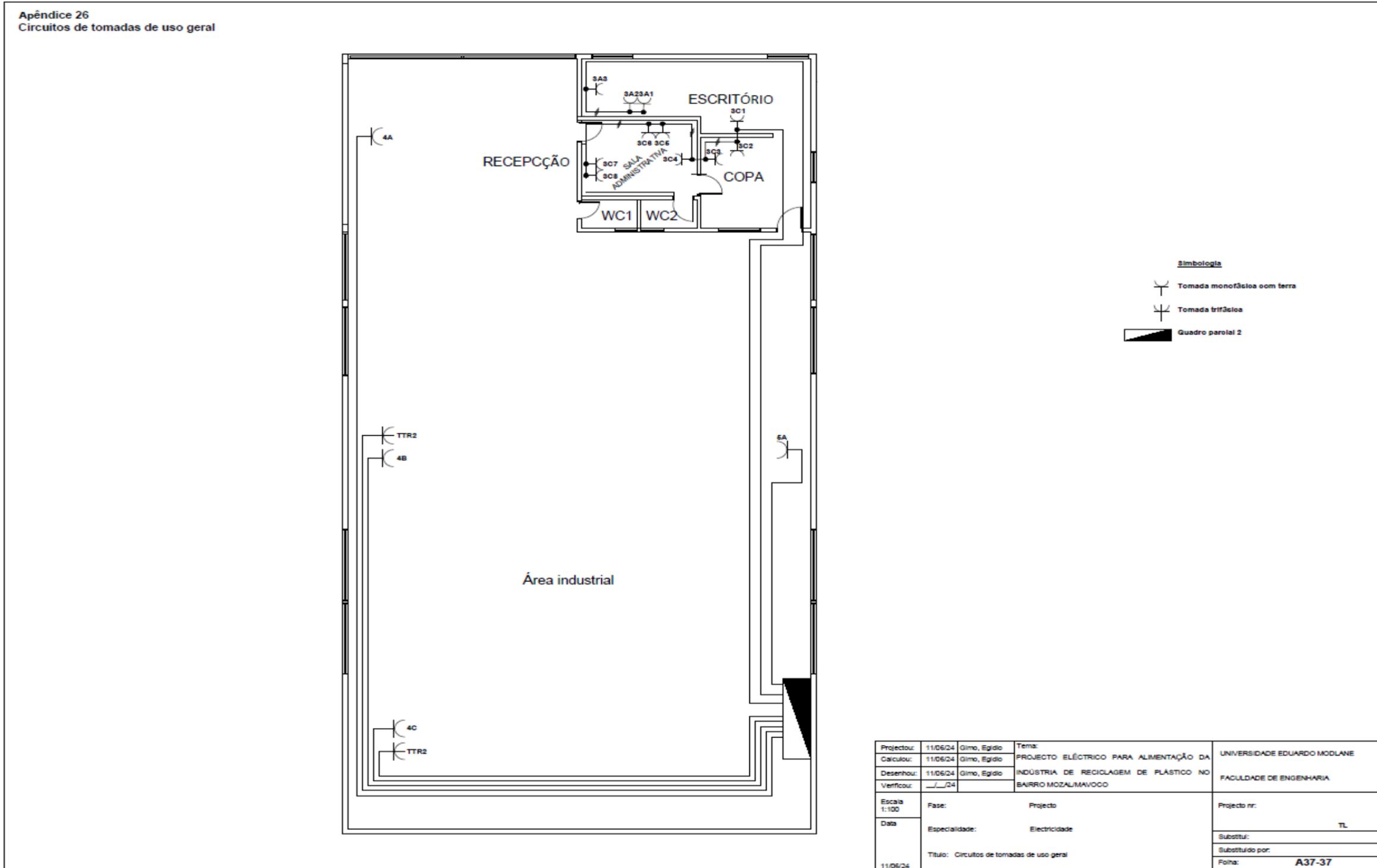
Apêndice 25

Circuitos de iluminação e climatização



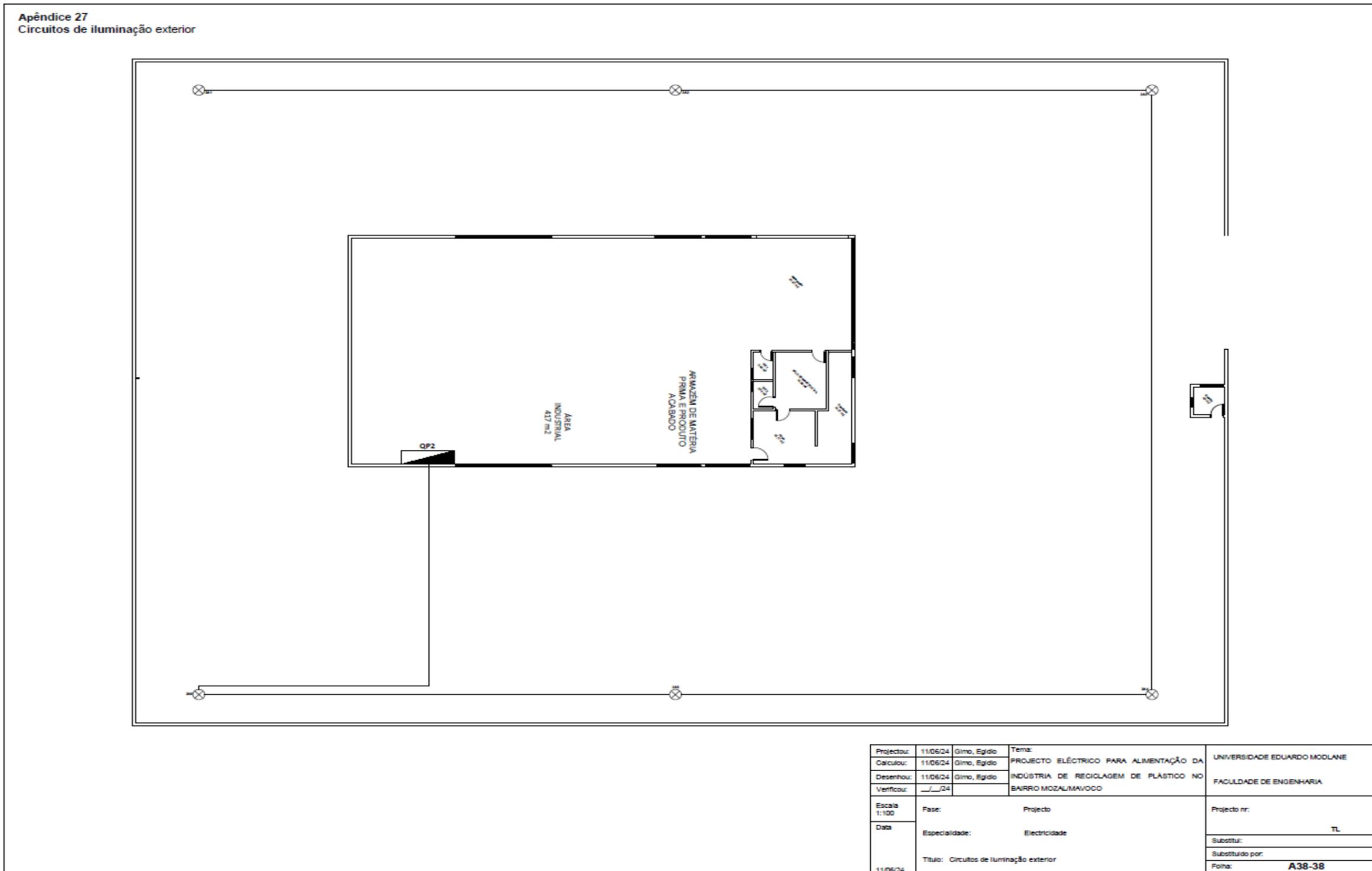
Apêndice 26

Circuitos de tomadas para uso geral



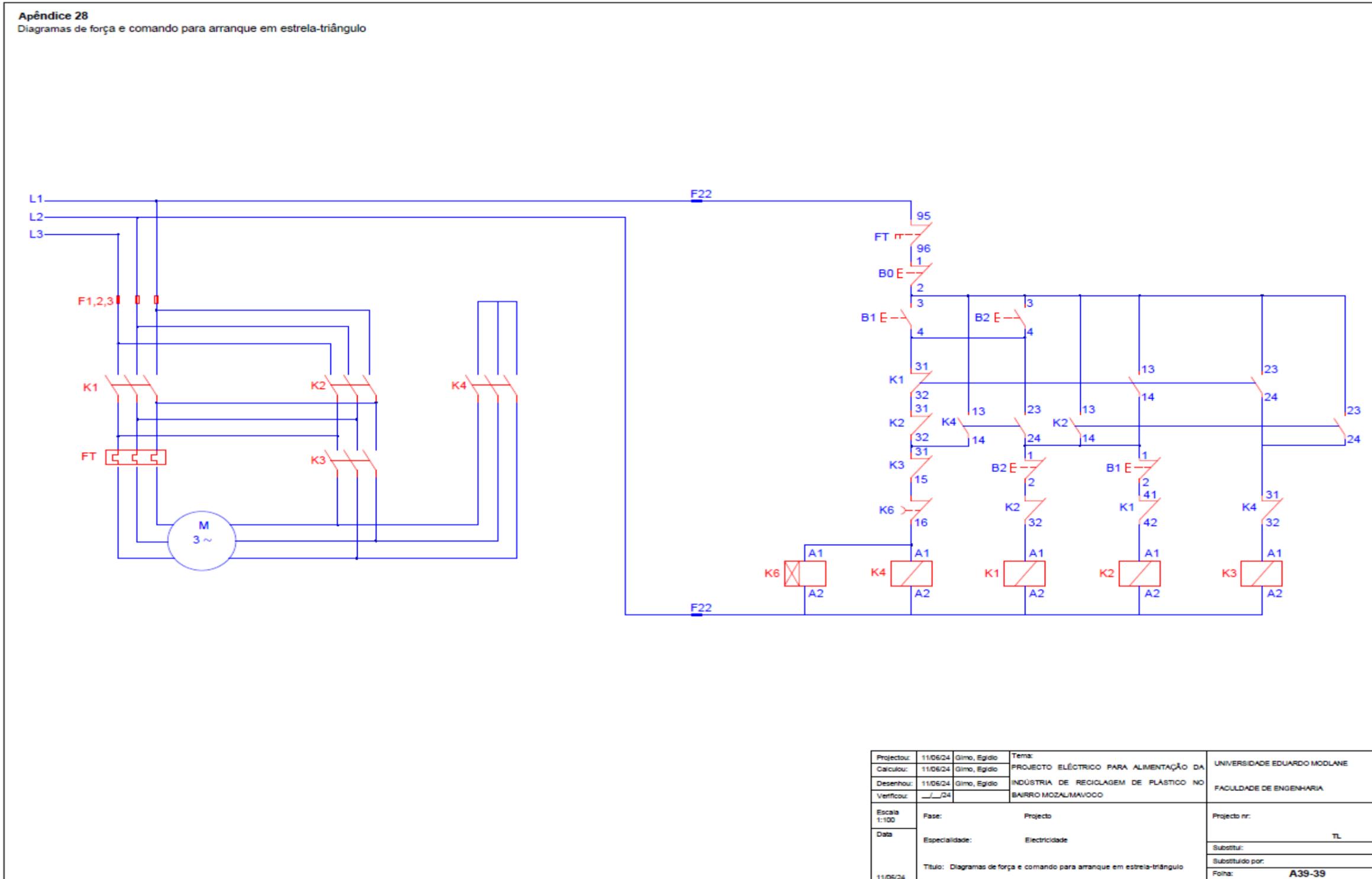
Apêndice 27

Circuitos de iluminação exterior



Apêndice 28

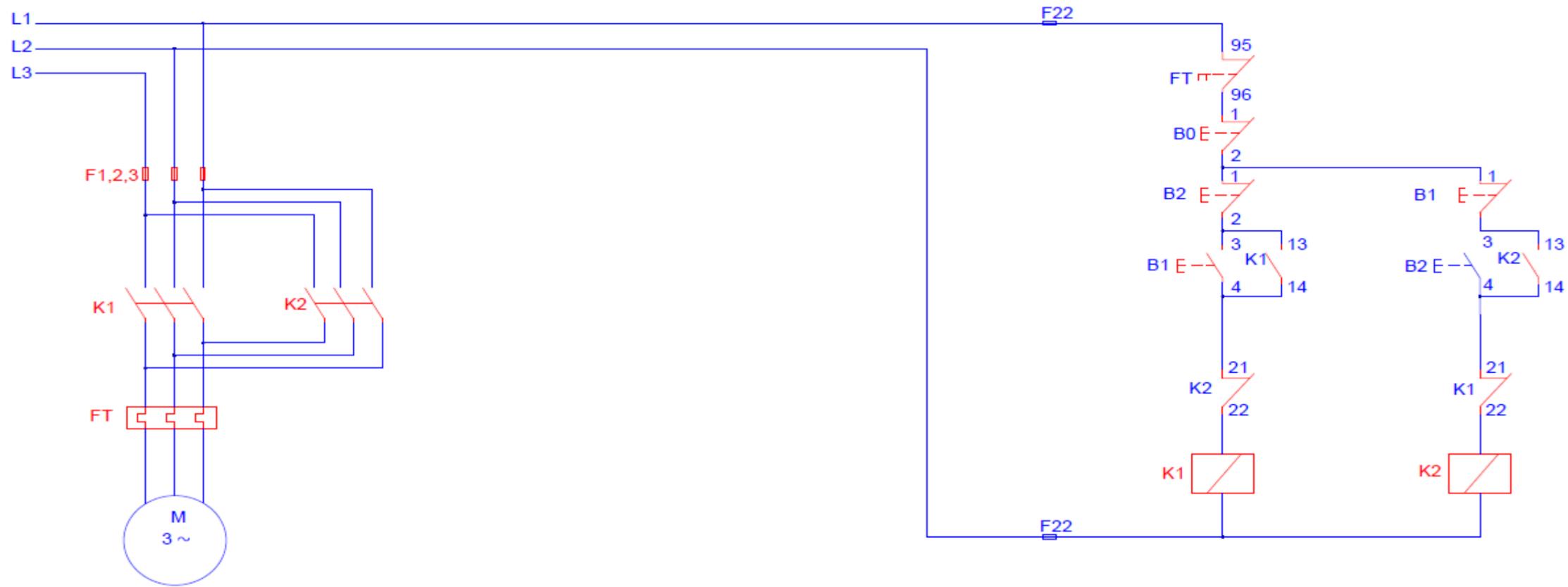
Diagramas de força e comando para arranque em estrela – triângulo



Apêndice 29

Diagramas de força e comando para arranque directo

Apêndice 29
Diagramas de força e comando para arranque directo



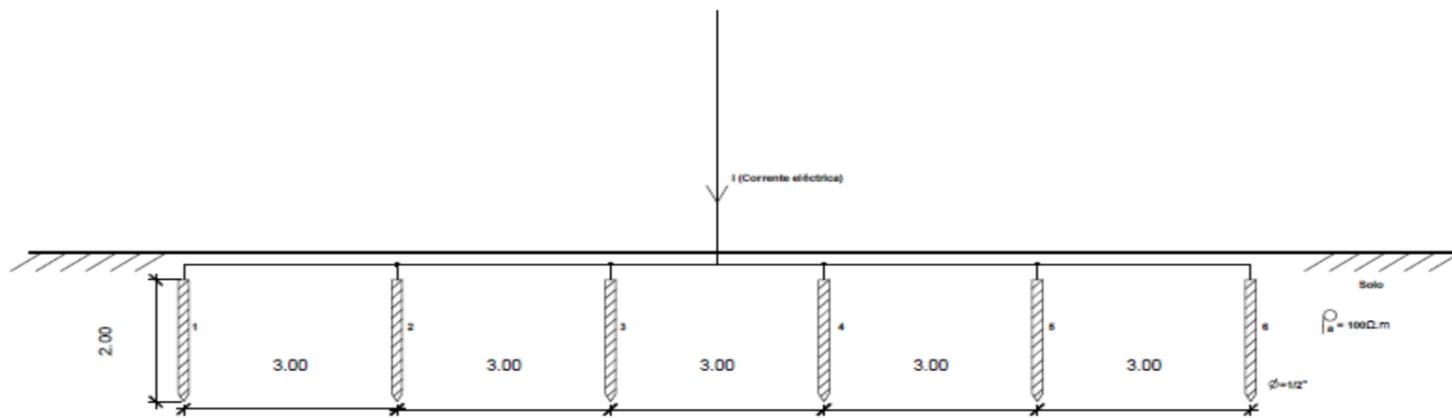
Projector:	11/05/24	Gimo, Egido	Tema:	PROJECTO ELÉCTRICO PARA ALIMENTAÇÃO DA	UNIVERSIDADE EDUARDO MODLANE
Calculou:	11/05/24	Gimo, Egido		INDÚSTRIA DE RECICLAGEM DE PLÁSTICO NO	FACULDADE DE ENGENHARIA
Desenhou:	11/05/24	Gimo, Egido		BAIRRO MOZALIMAVOCO	
Verificou:	11/05/24				
Escala:	1:100		Fase:	Projecto	Projecto nr:
Data:	11/05/24		Especialidade:	Electricidade	TL
			Título:	Diagramas de força e comando para arranque directo	Substituído por:
					Folha: A40-40

Apêndice 30

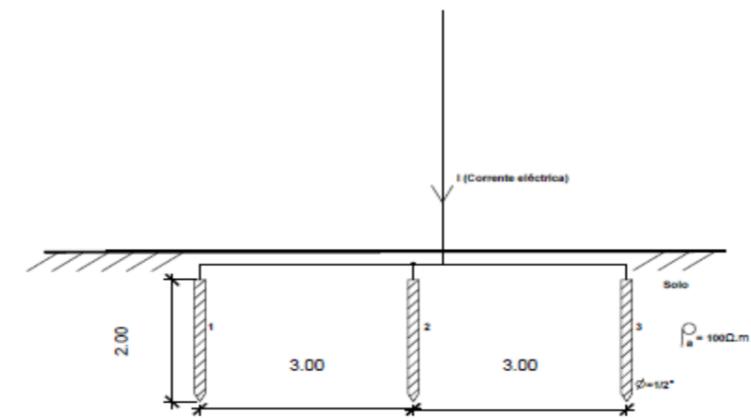
Sistema de aterramento

Apêndice 30
Sistema de aterramento

Sistema de aterramento com 6 hastes alinhadas - Terra de serviço



Sistema de aterramento com 3 hastes alinhadas - Terra de protecção



Projectou:	11/06/24	Gimo, Egídio	Tema:	UNIVERSIDADE EDUARDO MODLANE FACULDADE DE ENGENHARIA
Calculou:	11/06/24	Gimo, Egídio	PROJECTO ELÉCTRICO PARA ALIMENTAÇÃO DA	
Desenhou:	11/06/24	Gimo, Egídio	INDÚSTRIA DE RECICLAGEM DE PLÁSTICO NO	
Verificou:	11/06/24		BAIRRO MOZALIMAVOCO	
Escala:	Fase: Projecto			Projecto nr:
Data:	Especialidade: Electricidade			TL
	Título: Sistema de aterramento			Substituído por:
11/06/24				Folha: A41-41