



**FACULDADE DE ENGENHARIA**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA**

**CURSO DE ENGENHARIA ELÉCTRICA**

Relatório de Estágio Profissional

---

**TÍTULO:**

**MELHORAMENTO DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE BAIXA TENSÃO NO  
BAIRRO MASSACA 3- DISTRITO DE BOANE**

**Autor**

Cumbe, Cátia Margarida

**Supervisor**

Engº Fernando Chachaia

Maputo, Novembro de 2022

Cumbe, Cátia Margarida

**MELHORAMENTO DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE BAIXA TENSÃO NO BAIRRO  
MASSACA 3- DISTRITO DE BOANE**

O presente trabalho é concebido no âmbito curricular da disciplina de Projecto do Curso (PC), na Universidade Eduardo Mondlane, Faculdade de Engenharia, Departamento de Engenharia Electrotécnica, curso de Engenharia Eléctrica.

**Supervisor**

Eng<sup>o</sup> Fernando Chachaia

Maputo, Novembro de 2022





**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**

**FACULDADE DE ENGENHARIA**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA**

**F1 - GUIA DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ESCRITO**

Nome do estudante: \_Cátia Margarida Cumbe

Referência do tema:2022ELEPD23

Data:08/08/2022

Título do tema: Melhoramento da rede de distribuição de baixa tensão no Bairro Masssaca“3”-Distrito de Boane

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

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

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

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

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

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



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

**FICHA DE AVALIAÇÃO DA ATITUDE DO ESTUDANTE**

Nome do estudante: Catia Margarida Cumbe

Referência do tema: 2022ELEPD23

Data: 08/08/2022

Titulo do tema: Titulo do tema: Melhoramento da rede de distribuição de baixa tensão no Bairro Massaca“3”-Distrito de Boane

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

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

<b>Total de pontos (max: 35)</b>	
--------------------------------------	--

<b>Nota (=Total*20/35)</b>
----------------------------



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

**TERMO DE ENTREGA DE RELATÓRIO DO TRABALHO DE LICENCIATURA**

Declaro que o estudante

entregou no dia \_\_/\_\_/20\_\_ as --- cópias do relatório do seu Trabalho de Licenciatura com a referência:

intitulado:

---

Maputo, \_\_ de \_\_\_\_\_ de 20

O Chefe de Secretaria

---





## DECLARAÇÃO DE HONRA

Declaro por minha honra que este Trabalho de Culminação do Curso é resultado da minha investigação pessoal e das orientações do meu tutor, o seu conteúdo é real e todas as fontes consultadas estão devidamente mencionadas no texto, nas notas, na bibliografia final e ainda declaro que este trabalho não foi apresentado em nenhuma outra instituição para o propósito de obtenção de qualquer grau académico.

Maputo, Novembro,2022

---

(Cátia Margarida Cumbe)

## Dedicatória

Dedico este trabalho aos meus pais, que pacientemente me criaram e me ajudaram em tudo quanto puderam, dando até o que não tinham, criticando, corrigindo cada erro meu e limpando cada lágrima minha, em prol de capacitar-me para a vida

# AGRADECIMENTOS

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo Dom da vida, e ter sido generoso e um intransponível vigilante em minha vida, dando força e ensinando-me diferentes formas de levantar em cada queda tida durante este trajecto.

Agradeço aos meus familiares, em especial aos meus pais por sempre estenderam a sua vontade de me ajudar em cada situação difícil que com eles tenho partilhado.

Agradeço ao meu esposo por ter acreditado em mim, e pelo apoio que tem-me dado.

Agradeço aos meus amigos em especial Nhabomba, Nhaca, Siteo, Edilson, e José que durante os 4 anos passados, me mostraram que há sempre um amigo mais chegado do que o próprio irmão, espero que esta amizade não me falte nunca na minha vida.

Enfim, àqueles que com paciência e dedicação contribuíram, directa ou indirectamente, para a realização deste trabalho, incentivando e opinando nos momentos mais difíceis e necessários, o que proporcionou tranquilidade e segurança em tudo que aqui foi colocado.

**MUITO OBRIGADO!**

## RESUMO

A distribuição de energia eléctrica tem um papel preponderante no bem-estar e funcionamento da sociedade actual, pelo que deve ser alvo de uma abordagem séria e cuidada, tanto a nível técnico como prático.

O presente projecto é referente ao melhoramento da qualidade no fornecimento de energia eléctrica no bairro Massaca “3” e representa o término da realização do estágio profissional na empresa EDM - Electricidade de Moçambique, EP na ASCB - Área de Serviço ao Cliente de Boane.

Este relatório tem como principal objectivo o enquadramento das várias actividades desenvolvidas na EDM no sector da distribuição de Boane. período de estágio profissional desenvolveram-se vários projectos de construção e manutenção de linhas de MT e BT de 33 kV e 0.4 kV respectivamente, sendo que essas actividades foram desenvolvidas no departamento Manutenção.

**Palavras-chave:** Energia; Eléctrica; Redes de Distribuição; Redes de Baixa Tensão; Redes de Média Tensão.

## Índice



.....	B
DECLARAÇÃO DE HONRA .....	B
AGRADECIMENTOS.....	ii
RESUMO .....	iii
Lisra de tabelas.....	v
Lista de figuras.....	v
1.2. Formulação do problema .....	1
1.3. Justificativa.....	2
1.4. Objectivos.....	2
1.4.1. Objectivo geral.....	2
1.4.2. Objectivos específicos .....	2
1.5. Metodologia.....	3
CAPITULO II-REVISAO BIBLIOGRAFICA .....	5
2.1. Generalidade sobre Sistema Eléctrico de Potência .....	5
2.2. Rede eléctrica .....	5
2.2.1. Rede de distribuição de baixa tensão .....	5
2.2.2. <b>Características de redes aéreas de BT</b> .....	6
2.3. Redes aéreas em torçada.....	6
2.3.1. Acessórios de rede em cabo torçado.....	7
2.4. Dimensões da rede de baixa tensão.....	8
2.5. Estruturas de redes de distribuição.....	9
2.6. Equipamentos das redes de distribuição.....	10
2.6.1. Posto de transformação .....	10
2.6.2. Interruptor .....	12
<b>2.7. Redes de distribuição de média tensão</b> .....	12
2.7.1. Tensões Normalizadas das redes de MT .....	12
2.7.2. Isoladores de MT .....	12
2.7.3. Cabos Condutores Normalizados nas redes de MT.....	13
2.3.4. Dispositivos de Protecção.....	13
<b>CAPITULO III- DESENVOLVIMENTO DOS OBJECTIVOS</b> .....	15
<b>3.1. Memória descritiva</b> .....	15

3.1.1.	Descrição da rede de BT do bairro.....	15
3.1.2.	Problemas identificados na rede de BT do bairro .....	16
3.2.	Hipóteses de Solução.....	16
3.3.	MEMÓRIA DE CÁLCULOS .....	17
3.4.1	Levantamento de cargas.....	17
3.4.1.	Calculo eléctrico .....	20
4.2.3.	Dimensionamento das protecções no lado B.T .....	28
4.3.	Segurança das instalações .....	31
4.6.	Extensão da rede de distribuição em baixa tensão .....	35
6.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	39
	CONCLUSÕES .....	39

### **Lisra de tabelas**

Tabela 1:	carregamento do PT 821.....	17
tabela 2:	Carregamento do PT 820 .....	17
Tabela 3:	avaliação da potencia consumida no bairro Massca 3 .....	18
tabela 5	.....	23
Tabela 6 :	Características dos postes de madeira.....	35
Tabela 7:	Estimativa de custo da rede de MT .....	37
Tabela 8:	estimativa de custo da rede de baixa tensão .....	38

### **Lista de figuras**

<b>Figura 1:</b>	Rede aérea de BT em torçada .....	7
Figura 2:	pinca de amarração .....	8
Figura 3:	pinça de suspensão .....	8
Figura 4:	Distância entre o vão .....	9
Figura 5:	principais partes do transformador .....	10
Figura 6:	Montagem de um pára-raios.....	13
Figura 7:	vista frontal de um disjuntor de baixa tensão .....	14
Figura 8:	PT aéreo em pórtico, vista frontal [Fonte: Manual de postos de transformação rurais - (M5) da EDM] .....	22
Figura 9:	Esquema eléctrico simplificado .....	23

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APC	Fusível de alto poder de corte
ACSR	Alumínio reforçado com fios de aço
BT	Baixa tensão
C.C	Curto-circuito
EDM	Electricidade de Moçambique
LXS	Alma condutora em alumínio isolado a polietileno reticulado
MCOV	Tensão máxima de operação contínua
MT	Media tensão
PT	Posto de Transformação
TIs	Transformadores de Intensidade
TOV	Capacidade para suportar a sobre tensão temporária
XS	Cobre isolado a polietileno reticulado s

## LISTA DE SÍMBOLOS

A	Ampere
BIL	Nível de isolamento básico
d	Flecha a meio vão
$F_{\min}$	Força mínima aplicada no cabo
H	Altura dos apoios
h	Altura mínima ao solo
$I_f$	Intensidade de corrente limite de funcionamento do aparelho de protecção
$I_p$	Corrente do pico
$I_R$	Corrente nominal
$I_R$	Corrente para a fase R
$I_S$	Corrente para a fase S/Corrente de serviço
$I_T$	Corrente para a fase T
kVA	Kilo-volt-ampere
$K_i$	Capacidade de absorção do para raios
L	Comprimento do Vão/comprimento do condutor
MVA	Potência aparente em mega

$PM$	Margem de protecção do para raios em percentagem
$S$	Secção do condutor
$S_n$	Potência aparente nominal
$S_{PTN}$	Potência aparente do novo posto de transformação
$S_R$	Potência aparente remanescente
$S_T$	Potência total
$U$	Voltagem
$U_m$	Tensão do para-raios
$U_n$	Tensão nominal da linha
$U_m$	Tensão residual
$Z_{eq}$	Impedância equivalente
$Z_{MT}$	Impedância da rede de media tensão
$Z_{Trans}$	Impedância do transformador
$\alpha$	É a taxa de crescimento da carga por ano dado em percentagem
$\beta$ e $\gamma$	Factores de correcção para os cabos enterrados
$\rho$	Resistividade do material da alma condutora à temperatura ambiente
$\hat{o}_{max}$	Tensão máxima no cabo



## **CAPITULO I-INTRODUCAO**

### **1.1. Contextualização**

O suprimento da energia a todos os cidadãos tornou-se um factor indispensável ao bem-estar social e ao desenvolvimento económico do país no geral, assegurando um desenvolvimento sustentável. No entanto, pelo facto de normalmente a geração de energia eléctrica não ocorrer no local de consumo, para ter acesso à electricidade torna-se necessário transportá-la até aos consumidores. Isso é conseguido por meio das redes de transmissão de energia.

As redes de distribuição de energia de baixa tensão desempenham um papel de extrema importância, com isso a realização de projectos de redes eléctricas deve ser feita tendo em conta todos os factores que afectam a confiabilidade do fornecimento de energia, assegurando a melhor integração entre os componentes utilizados (postes, condutores, sistemas de protecção, aterramento, etc.), de forma a garantir a qualidade e segurança no fornecimento de energia.

No bairro de Massaca situado no Município De Boane, Província de Maputo, devido ao crescimento desordenado de novas ligações à rede de distribuição de Energia Eléctrica em baixa tensão (BT) da Electricidade de Moçambique (EDM), constata-se neste bairro má qualidade da rede de distribuição e no fornecimento de energia eléctrica que traduz-se em cortes frequentes, maiores quedas de tensão, oscilação dos níveis de tensão entre outros.

Portanto, esses problemas interferem negativamente no funcionamento normal dos aparelhos eléctricos dos clientes da EDM residentes neste bairro, correndo deste modo o risco dos mesmos se danificarem.

Pretende-se com este trabalho desenvolver um projecto com vista a melhorar a rede de distribuição de baixa tensão para garantir a qualidade dos serviços oferecidos pela EDM nesta zona.

### **1.2. Formulação do problema**

No bairro de Massaca “3” a rede de baixa tensão encontra-se numa situação muito precária, tendo casos de uso de estacas como postes. Os cabos que fazem as baixadas estão suspensos a uma distância muito curta em relação ao solo perigando vidas.

A rede não é abrangente por isso foram implantadas redes monofásicas muito extensas, o que não assegura os níveis de tensão desejáveis e consequentemente os consumidores recebem energia de baixa qualidade.

Há postes erguidos de uma forma desordenada, alguns em estado de degradação e com uma inclinação que constitui um risco para as pessoas que vivem nos arredores destes.

Há muitos Ramais que não asseguram o aperto de cabos, devido ao uso de material não adequado, como por exemplo uso de cabos 16 para suspender os cabos em substituição de pinças de suspensão.

Ligação de várias baixadas num único poste o que pode originar curto-circuitos, a falta de manutenção dos PT's reduzindo seu rendimento por não estar a funcionar nas condições recomendadas pelo fabricante. A falta de iluminação pública e a sobrecarga do PT's já montando. Estes problemas motivam a realização deste trabalho.

### **1.3. Justificativa**

Com melhoramento da rede de baixa tensão, que consiste em constituir uma rede de baixa tensão abrangente que vai reduzir a distância entre os consumidores e a fonte de alimentação bem como as quedas de tensão e o alívio dos PT's Sobrecarregados através da transferência de algumas cargas para um novo PT, a qualidade do fornecimento de energia eléctrica no bairro Massaca "3" estará melhorada.

O PT novo será dimensionado no sentido de suprir a quantidade de carga a ser transferida e uma futura expansão da rede de distribuição de energia eléctrica, no bairro em causa.

### **1.4. Objectivos**

#### **1.4.1. Objectivo geral**

- Efectuar um estudo com vista a melhorar a rede de distribuição de baixa tensão no bairro Massaca "3"- Boane

#### **1.4.2. Objectivos específicos**

- Descrever o estado actual da rede de distribuição da energia eléctrica em baixa tensão no bairro de Massaca "3" distrito de Boane;

- Identificar os problemas actuais que afectam a rede eléctrica de baixa tensão no bairro;
- Descrever e implementar uma proposta de solução;
- Especificar os equipamentos necessários para a implementação da solução ou da proposta a apresentar.

### **1.5. Metodologia**

Para o desenvolvimento e concretização do presente projecto do estágio profissional, foi utilizada a seguinte metodologia:

- **Pesquisa bibliográfica**

Realizou-se uma pesquisa bibliográfica referente ao tema fazendo-se deste modo a colecta dos dados, sendo que a mesma foi feita também ao nível virtual (digital).

- ✓ **Consulta virtual**

Consistiu basicamente na consulta dos catálogos e manuais disponíveis *on-line* através de ferramentas de pesquisa como *Google*, *site* de partilha de informações académicas como *Ebah*, *Sharit*, entre outros para a recolha das informações directamente ligadas ao tema em questão.

- ✓ **Consulta nos manuais**

Consistiu em pesquisar directamente nos projectos, relatórios, teses da Faculdade de engenharia (UEM) disponíveis na biblioteca da mesma (Faculdade de engenharia), e manuais usados na EDM para o dimensionamento de redes de baixa e média tensão disponíveis na empresa.

- **Visitas de estudo no terreno**

Consistiu em visitar o local onde o projecto será implementado, para colheita de dados e informações relevantes sobre a situação actual da rede em BT no bairro.

- **Consulta aos docentes, técnicos e engenheiros especializados nessa área (redes de BT e MT).**

## CAPITULO II-REVISAO BIBLIOGRAFICA

### 2.1. Generalidade sobre Sistema Eléctrico de Potência

Um SEP é um sistema interligado para distribuir electricidade dos produtores aos consumidores. É constituída de centrais de geração que produzem energia eléctrica, linhas de transmissão em alta tensão que transportam electricidade a partir das fontes distantes até aos centros de carga e as redes de distribuição que ligam consumidores individuais.

### 2.2. Rede eléctrica

A rede eléctrica é todo o sistema eléctrica que permite a transferência de energia eléctrica desde a produção, elevando para as subestações e depois baixando até aos consumidores. A rede eléctrica está dividida em duas partes: primária e secundária.

#### 2.2.1. Rede de distribuição de baixa tensão

De acordo com o regulamento de segurança de redes de distribuição de energia em baixa tensão (RSRDEEBT) é uma instalação eléctrica de Baixa Tensão destinada a transmissão de energia eléctrica a partir de um posto de transformação ou de uma central geradora até às portinholas, constituída por:

- Canalizações principais e;
- Ramais.

**Ramal** -canalização eléctrica, sem qualquer derivação, que parte do quadro de um posto de transformação (ou central geradora), ou de uma canalização principal e que termina numa Portinhola, ou num quadro de colunas ou mesmo num aparelho de corte de entrada de uma instalação de utilização.

Nos ramais não podem ser utilizados condutores nus e em redes aéreas, é vulgar designa-los por baixadas.

**Quadro** - conjunto de aparelhos, convenientemente agrupados, incluindo as suas ligações, estrutura de suporte e invólucro, destinados a proteger, comandar ou controlar instalações eléctricas.

Nas redes de distribuição encontram-se os seguintes tipos de quadros:

- Quadros de caixas (caixas de distribuição);
- Quadros de armários (armários de distribuição);
- Portinholas.

## **Portinholas**

Quadro de onde termina o ramal, de que faz parte, e que, normalmente, contém os aparelhos de protecção geral contra sobreintensidades das instalações colectivas de edifícios ou das entradas, ligadas a jusante.

As redes eléctricas de Baixa Tensão (BT), são os elementos do sistema eléctrico que mais frequentemente estão sujeitos a modificações, seja pela necessidade de alimentação de novos clientes, planeamento a curto-prazo da rede ou ainda melhoramento da qualidade de serviço, trata-se de uma área de actuação em constante actualização.

Este tipo de rede de distribuição de energia é composto por uma grande diversidade de elementos, onde cada um apresenta um objectivo específico que vai desde a canalização, passando pela aparelhagem de protecção.

As redes de distribuição de BT são normalmente constituídas por cinco condutores, onde quatro destinam-se à distribuição de energia e o quinto condutor, de secção mais reduzida em relação aos restantes, é reservado à iluminação pública.

As redes de distribuição de baixa tensão podem ser:

- Aéreas (tipicamente em zonas rurais);
- Subterrâneas (tipicamente em zonas urbanas).

### **2.2.2. Características de redes aéreas de BT**

As redes de distribuição aéreas, são tipicamente instaladas em apoios de betão ou de madeira em zonas rurais, são estabelecidas em condutores não isolados ou em condutores isolados (cabo torçado), sendo que este último tipo de condutores é mais usado em substituição aos condutores não isolados.

### **2.3. Redes aéreas em torçada**

Actualmente, estas são as redes aéreas mais comuns e utilizam condutores isolados de alumínio. São redes utilizadas em zonas rurais, bairros Suburbanos, zonas urbanizadas e outras situações específicas. Uma rede aéreas de cabo troçada é constituída, basicamente, pelo condutor isolado, a ferragem e as pinças de amarração ou suspensão (dependentes da situação), para segurar e regular cabo.



*Figura 1: Rede aérea de BT em torçada*

As vantagens destas redes residem no facto de serem uma alternativa às redes subterrâneas, de custo significativamente mais elevada, de possibilitarem a instalação em postes e fachadas de edifícios ou casas e de apresentarem uma maior fiabilidade.

Os cabos torçados são constituídos por condutores multifilares de alumínio e o isolamento é de polietileno reticulado (PEX). As secções adoptadas pela EDM no uso deste tipo de condutores são: 16 mm<sup>2</sup>, 25 mm<sup>2</sup>, 50 mm<sup>2</sup>, 70 mm<sup>2</sup> e 95 mm<sup>2</sup>.

Sendo que as secções 70 mm<sup>2</sup> e 95 mm<sup>2</sup> são usadas nas ruas principais onde a carga é maior e a secção 50 mm<sup>2</sup> usada para as ruelas e as secções 16 mm<sup>2</sup>, 25 mm<sup>2</sup> usados para efectuar as baixadas.

### **2.3.1. Acessórios de rede em cabo torçado**

#### **Caixa de Protecção de Rede**

- Sempre que existe uma mudança de secção dos condutores, estes devem ser protegidos através da colocação de uma caixa com os respectivos e fusíveis, dimensionados para a secção de derivação.
- A transição de condutores da rede aérea para rede subterrânea, ou vice-versa, é feita através da caixa de protecção, secção máxima na transição é de 95mm<sup>2</sup>.

#### **Alongador**

Elemento de ligação entre a pinça e o gancho olhal, utilizado para secções superiores 50mm<sup>2</sup>.

## Pinças

- Amarração – Utilizadas como elemento de ligação entre o cabo torçado e a ferragem da rede;



Figura 2: pinça de amarração

- Suspensão – Utilizadas como elemento de ligação entre o cabo torçado e a ferragem da rede, como principal função regular o cabo.

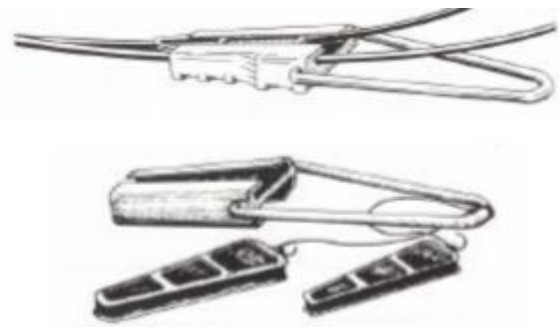


Figura 3: pinça de suspensão

## Outros acessórios

- Ligadores;
- Uniões;
- Terminais.

### 2.4. Dimensões da rede de baixa tensão

As redes aéreas em cabo torçado são instaladas, actualmente, obedecendo o seguinte esquema, sendo a distância do vão dependente do local da instalação da rede. Quando a rede esta localizada em zonas com consumidores pouco dispersos, a distância do vão não pode ser superior a 40m (quarenta metros), devido ao esforço em que o apoio fica sujeito e devido a tracção feita pelos cabos de secção elevada. Em zonas com



consumidores dispersos ou para troços de iluminação pública, esta distância pode chegar a 60m (sessenta metros).

A altura a que são colocados os condutores varia com os locais da instalação. Geralmente, a altura de colocação é de 5m (cinco metros), sendo de 6m (seis metros) na travessia de estradas e no mínimo de 7m (sete metros) na travessia de auto-estradas.

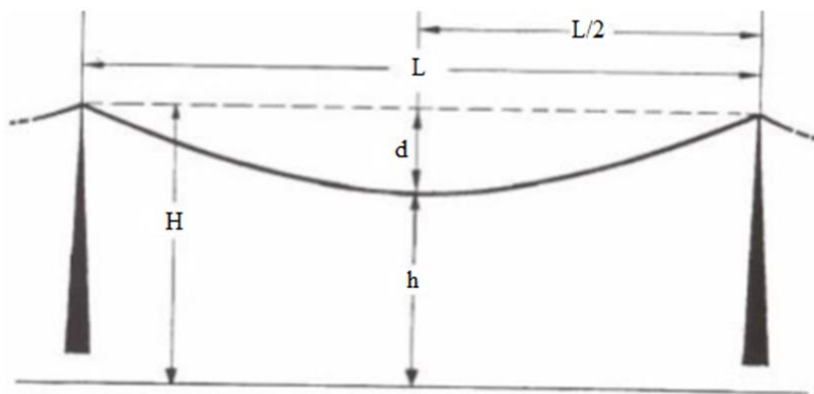


Figura 4: Distância entre o vão

Onde:

$h$  – Altura mínima ao solo [m];

$H$  – Altura dos apoios (não considerando fundação) [m];

$d$  – Flechas a meio vão [m];

$L$  – Vão [m].

## 2.5. Estruturas de redes de distribuição

As três e mais conhecidas estruturas de qualquer rede de energia eléctrica são os **postes**, **isoladores** e os **condutores**.

Os postes servem para dar sustentação à rede e logicamente mantê-la distante da terra. Os postes são classificados ou nomeados de acordo com a sua capacidade e altura, também podem ser fabricados de diversos materiais, os mais comuns são de madeira e concreto.

Os isoladores impedem que os condutores que os postes sustentam entrem em contacto com eles impedindo que a energia eléctrica transmitida “vaze” para a terra.

Os isoladores são fabricados com materiais isolantes e podem ser divididos de acordo com:

- A capacidade de isolamento;
- Os tipos de material isolante;
- O formato do isolador

Condutor É o principal e mais importante componente em uma rede de distribuição, pois são responsáveis por conduzir a energia eléctrica.

Os condutores das redes estabelecidas em cabo torçado podem ter alma condutora em alumínio, com a designação “LXS”, ou em cobre isolado a polietileno reticulado, com a designação “XS”. A identificação de vários condutores é feita segundo a normalização sendo os condutores de fase marcados como fase1, fase 2 e fase 3, respectivamente.

Os condutores de iluminação pública são marcados como IP1, IP2 (apresenta a menor secção comparativamente aos outros condutores) e o de neutro tem a inscrição da norma do fabrico (normalmente é o único condutor com ranhura).

## **2.6. Equipamentos das redes de distribuição**

Além das estruturas vistas no tópico anterior existem outros dispositivos que sua importância nas redes de distribuição não poderia passar em branco neste estudo.

Dentre muito destes equipamentos utilizados abordar-se-á os mais utilizados nas extensões de redes que são os postos de transformação, chaves fusíveis e interruptores.

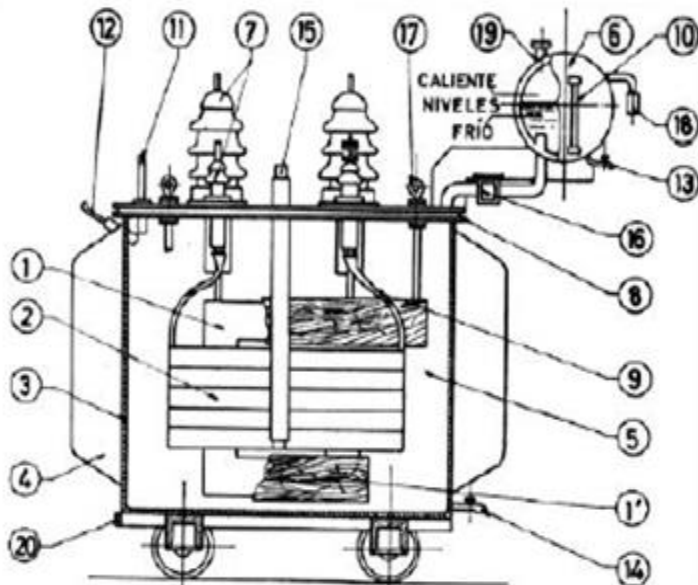
### **2.6.1. Posto de transformação**

De acordo com as definições constantes no RSSPTS, considera-se:

**Posto de Transformação (PT)**, a instalação de alta tensão cuja função é a transformação da corrente eléctrica por um ou mais transformadores, sendo a corrente secundária utilizada directamente pelos receptores.

**Transformador** é um equipamento estático que transfere energia entre seus enrolamentos primários e secundário, provocando a variação dos valores de tensão e corrente, mantendo os valores de potência e de frequência constantes.

*Figura 5: principais partes do transformador*



Onde:

- |                                |                                    |
|--------------------------------|------------------------------------|
| 1- Núcleo Ferromagnético;      | 11- Termómetro ;                   |
| 2- Enrolamento;                | 12- Termómetro;                    |
| 3- Tanque ou Cuba;             | 13- Torneira de Vazamento de óleo; |
| 4- Aleta de refrigeração;      | 14- Torneira de Vazamento de óleo  |
| 5- Óleo refrigerante;          | 15- Tap change;                    |
| 6- Tanque de expansão;         | 16- Relé Bulcholtz;                |
| 7- Isoladores de BT e AT       | 17- Argola para o transporte       |
| 8- Junta;                      | 18- Secador de ar;                 |
| 9- Conexões                    | 19- Tampa para enchimento          |
| 10- Indicador do nível de óleo | 20- Terminal de ligação a terra    |

**b) Em alvenaria:** todo o equipamento de média tensão é colocado no interior, em celas cujas paredes são construídas em alvenaria e dotadas de portas.

**c) Tipo monobloco:** todo o equipamento de média tensão é colocado no interior de celas constituídas por painéis metálicos pré-fabricados.

- **Quanto à entrada da alimentação eléctrica:**

**a) Aérea:** A entrada de energia em alta tensão é efectuada por linhas aéreas que são amarradas à torre do PT.

**b) Subterrânea:** A entrada de energia em alta tensão é efectuada por cabos eléctricos enterrados.

- **Quanto à topologia da rede eléctrica:**

**a) Radial:** caso em que a alimentação é garantida por uma única entrada.

**b) Anel:** caso em que a alimentação é garantida por duas entradas distintas. A vantagem desta configuração reside no facto de se permitir a alimentação ao PT mesmo que uma das entradas esteja fora de serviço.

### **2.6.2. Interruptor**

(seccionador de corte em carga) - aparelho cuja função é ligar, desligar ou comutar os circuitos eléctricos. Podem ser manobrados quando percorridos por corrente eléctrica de pequena intensidade, não podendo ser manobrados na situação de defeito. Podem ser combinados com **Fusíveis** de alta tensão, permitindo a protecção dos circuitos nas situações de defeito por sobrecarga ou curto-circuito;

## **2.7. Redes de distribuição de média tensão**

Componente do sistema eléctrico de distribuição que deriva da subestação de distribuição e se destina ao suprimento das redes de baixa tensão e dos consumidores atendidos em média tensão.

### **2.7.1. Tensões Normalizadas das redes de MT**

As redes de distribuição primárias são circuitos eléctricos trifásicos a três fios (três fases), ligados nas subestações de distribuição. As tensões normalizadas em Moçambique para linhas de distribuição em média tensão são 11, 33 e 66 kv, dependendo das características e localização dos centros de consumo.

Podem ser aéreas ou subterrâneas. As aéreas são normalmente em cabo nu, apoiadas em postes de betão, metálicos, ou de madeira, sendo os condutores suspensos ou apoiados por isoladores.

Nas redes de distribuição primárias, estão instalados os transformadores de distribuição, cuja função é rebaixar o nível de tensão primário para o nível de tensão secundário.

### **2.7.2. Isoladores de MT**

São elementos duma instalação ou parte dum aparelho especialmente construído para sustentar mecanicamente e para assegurar o isolamento eléctrico de vias de corrente. Os materiais construtivos dos isoladores são: massas cerâmicas, vidro, resinas de fundição.

O isolador tipo bastão polimerico é um isolador de forma cilíndrica, provido de saias, justamente com suas ferragens integrantes. Nas linhas aéreas, podem substituir as cadeias de suspensão e amarração.

Os isoladores em cadeias são associados a outros idênticos e forma de cadeia, garantindo assim as condições de isolamento do condutor ou aumento de linha de contornamento. São constituídos por vários isoladores de campânula ou de vidro e por ferragens que as justapõe, podendo construir cadeias de amarração ou de suspensão.

Os isoladores rígidos são fabricados em porcelana de vidro, por si só garantem as condições de isolamento do condutor.

### 2.7.3. Cabos Condutores Normalizados nas redes de MT

Os cabos condutores a usados na construção de linhas aéreas de média tensão são de alumínio reforçados com fios de aço designados por “ACSR”.

As secções a usar serão:

- Cabo ACSR “SQUIRREL” com a secção de 24,43 mm<sup>2</sup>;
- Cabo ACSR “FERRET” com a secção de 49,48 mm<sup>2</sup>;
- Cabo ACSR “MINK” com a secção de 73,71 mm<sup>2</sup>;

### 2.3.4. Dispositivos de Protecção

**Pára-raios** – são destinados a protecção contra sobretensões de origem atmosférica.

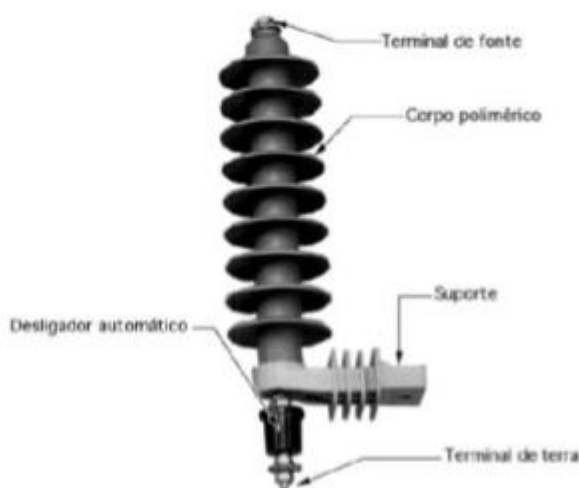


Figura 6: Montagem de um pára-raios

**Seccionadores Fusível ou Drop-outs** – desempenham a função de um fusível e de um seccionador, pois protegem contra curto-circuitos e executam o corte visível da instalação. A abertura e fecho do Drop-outs deve ser com o transformador em vazio.

## Disjuntor de baixa tensão

É um equipamento de comando e de protecção de circuitos de baixa tensão, cuja finalidade é conduzir continuamente a corrente de carga sob condições nominais e interromper correntes anormais de sobrecarga e de curto – circuito.

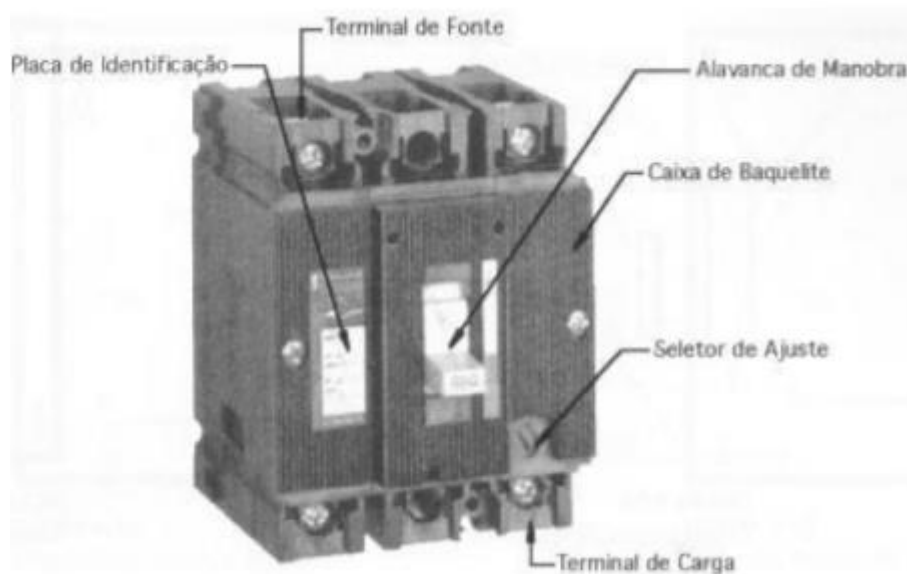
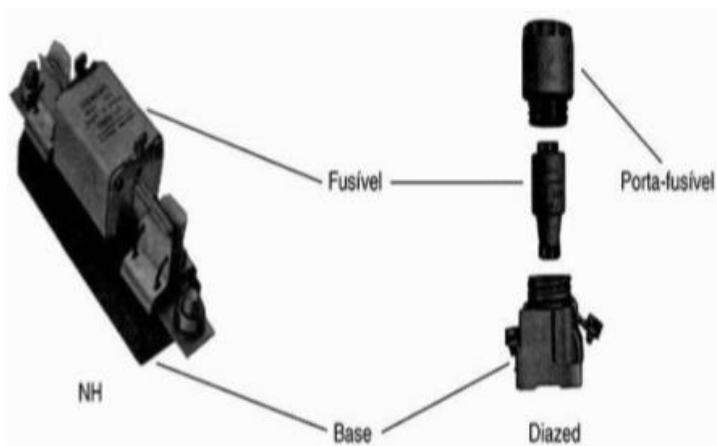


Figura 7: vista frontal de um disjuntor de baixa tensão

Para utilização em um determinado ponto do sistema, requer que sejam discriminados os seguintes elementos no mínimo:

- Corrente nominal de operação;
- Capacidade de interrupção;
- Tensão nominal;
- Frequência nominal;
- Faixa de ajuste dos disparadores;
- Tipo (termomagnético, limitador de corrente, somente magnético ou somente térmico);
- Accionamento (manual ou motorizado) (João Mamede Filho, 7ª edição).

**Fusível APC de baixa tensão e iluminação pública** protege as saídas do transformador contra sobrecarga e curto-circuito.



## CAPITULO III- DESENVOLVIMENTO DOS OBJECTIVOS

### 3.1. Memória descritiva

Na presente memória descritiva apresenta-se a situação actual da rede de distribuição de energia eléctrica em baixa tensão a 400/220V, trifásica a uma frequência de 50Hz, no bairro de Massaca"3" que compreende a descrição da rede, a apresentação dos problemas identificados no bairro referentes a qualidade no fornecimento de energia Eléctrica e hipóteses de solução destes problemas.

#### 3.1.1. Descrição da rede de BT do bairro

Este bairro é alimentado por dois PT's, que são identificados na rede de distribuição em baixa tensão (BT) como:

- PT-820 com uma potência instalada 350kVA com extensão de rede em BT de aproximadamente 10 km com 4 saídas;
- PT-821 com uma potência instalada de 350kVA com extensão de rede em BT de 13 com 4 saídas

Estes PT's são alimentados pela subestação de boane com nível de tensão no primário 66kV e no secundário 33kV, com 3 saídas respectivamente EB1, EB2, EB3. Os dois PT's do bairro em causa são alimentados através da linha EB2. As saídas dos transformadores estão concebidas em cabo torçado (LXS), mais conhecido por cabo ABC com as seguintes configurações de  $3 \times 60 + 35 \text{mm}^2$ ,  $3 \times 70 + 55 + 25 \text{mm}^2$ ,  $4 \times 16 \text{mm}^2$ ,  $4 \times 10 \text{mm}^2$  e  $4 \times 35 \text{mm}^2$  com apoios de madeira de 9m de altura, com distâncias de 40m a 50m correspondendo a um vão, sendo que todos os fins de linha apresentam-se espiados ou escórias de modo a suportar os esforços do cabo.

### 3.1.2. Problemas identificados na rede de BT do bairro

Segundo o relatório das pesquisas efectuadas em resposta as reclamações constantes dos clientes da EDM no que concerne a má qualidade no fornecimento de energia eléctrica em BT constataram-se os seguintes problemas:

- Frequentes cortes no fornecimento de energia eléctrica, principalmente nos dias com temperaturas adversas, como dias de ventania e chuvosos;
- Redes de distribuição de energia eléctrica monofásicas e extensas, isto é, interligação de vários consumidores usando o mesmo cabo em paralelo;
- Secção de condutores subdimensionados em relação a realidade actual com o crescimento da demanda;
- Falta de ramais convencionais pra ligação de baixadas (uso de material improvisado como estacas no lugar de postes);
- Cabos condutores suspensos a uma altura muito próxima do solo, perigando vidas Humanas;
- Falta de iluminação pública;
- Oscilação dos níveis de tensão, isto é, sobretensões e subtensões que originam a danificação dos electrodomésticos dos consumidores; Número elevado de baixadas no mesmo poste sem se respeitar o equilíbrio das fases, o que resulta no aquecimento do cabo, correndo-se o risco de curto-circuitos;
- Sobrecarga nos postos de transformação que resulta em cortes frequentes;
- Queda de tensão na rede de distribuição em Baixa Tensão.

### 3.2. Hipóteses de Solução

Para solucionar estes problemas, propõe-se o melhoramento da rede de BT no bairro em referência, o qual irá consistir em:

- Redimensionamento da secção dos cabos para uma secção que se adequa a realidade actual com o crescimento da demanda;
- Implantação de novos postes (apoios) em pontos estratégicos com vista a criar novos pontos de ligação das baixadas (Ramais);
- Expansão da rede que deve acompanhar o índice de crescimento da carga no bairro;
- Instalação de novos postos de transformação (PT's) com capacidade de suprir a demanda nos centros de carga;



- Colocação de candeeiros para iluminação pública

### 3.3. MEMÓRIA DE CÁLCULOS

#### 3.4.1 Levantamento de cargas

O levantamento de cargas no bairro Massaca- 3 efectuou-se directamente nos postes de transformação através das leituras dos valores das correntes nos barramentos, e com base nessas correntes fez-se avaliação do grau de carregamento dos mesmos (PT's).

Carregamento do PT 821						
Corrente nos barramentos			Condições nominais			Índice de carga (%)
IR (A)	IS (A)	IT (A)	S (kVA)	U (kV)	I <sub>max</sub> (A)	98
432	203	349	315	0.4	546	

Tabela 1: carregamento do PT 821

Carregamento do PT 820						
Corrente nos barramentos			Condições nominais			Índice de carga (%)
IR (A)	IS (A)	IT (A)	S (kVA)	U (kV)	I <sub>max</sub> (A)	119
179	143	167	100	0.4	173	

tabela 2: Carregamento do PT 820

Com base nos dados de carregamentos dos PT's fez-se o cálculo do consumo total neste bairro. Para o cálculo da carga total, somam-se as correntes nos barramentos de BT (saídas) de cada PT, escolhendo-se a corrente máxima ou mesmo fazendo a média aritmética das mesmas (correntes).

Abaixo apresenta-se o cálculo da potência consumida nos dois PT's.

Para o PT 821-315KVA,

Dados (EDM)

$$\cos\varphi = 0.8 \text{ (indutivo)} \rightarrow \varphi = 36.87^\circ$$

$$U = 400V; I_{s1} = 423 A; I_{s2} = 470 A; I_{s3} = 401A;$$

$$S = \sqrt{3}.U.I \quad (1)$$

Substituindo os dados das leituras obtidas do PT 821 na expressão tem-se:

$$S = 325.63 \text{ kV}$$

Nota: A potência consumida é calculada tendo como base a corrente máxima registrada nas saídas.

$$\text{carregamento}(\%) = \frac{S}{S_n} \times 100 = \frac{325.63}{315} \times 100 = 103.37\%$$

Para o PT 820-100kVA (EDM)

$$\cos\varphi = 0.8 \text{ (indutivo)} \rightarrow \varphi = 36.87^\circ$$

$$U = 400V; I_{s1} = 179 A; I_{s2} = 143 A; I_{s3} = 167A;$$

$$S = \sqrt{3}.U.I$$

$$S = 124.015 \text{ kV}$$

$$\text{carregamento}(\%) = \frac{S}{S_n} \times 100 = \frac{124.015}{100} \times 100 = 124.015\%$$

Potencia total consumida no bairro Massaca 3

PT's existentes	Potência nominal (kVA)	Calibre dos fusíveis	Potência de carregamento	Nível de carregamento (%)
820	100	400A	124.015	124.015
821	315	620A	325.63	103.37
<b>Ptotal</b>	415		449.645	

Tabela 3: avaliação da potência consumida no bairro Massaca 3

Segundo “RODRIGUES, José e MATÍAS, José. Máquinas Eléctricas (Transformadores) Lisboa, Didáctica Editora, 7ª edição, 1995”, na prática o rendimento máximo dos transformadores de distribuição em BT é atingido para cargas da ordem dos 2/3 a 3/4 da potência nominal, isto é, o rendimento máximo é obtido quando os transformadores estiverem a funcionar com carga entre 66.7% e 75% da carga nominal.

Sendo a potência instalada no bairro 415kVA, actualmente há défice de 27.385%, da potência consumida, o que corresponde a 123.135KVA, logo, é necessário aliviar os PT's pois estão a funcionar em regime de sobrecarga.

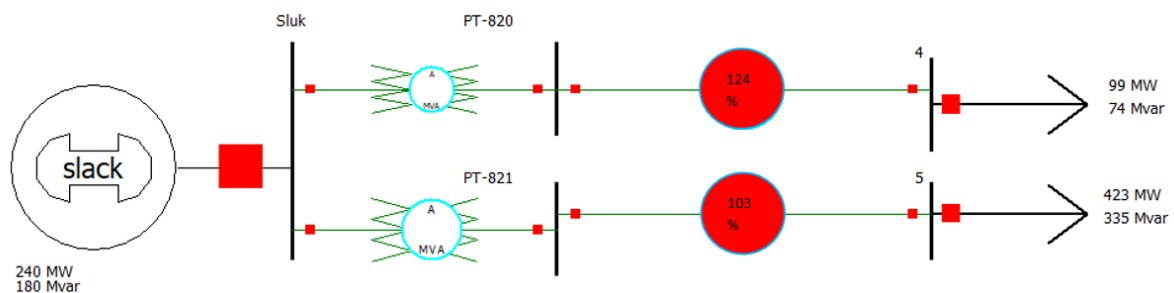


Figura 8: Carregamento actual dos PT's

[Fonte: Desenvolvido no Power Word Simulator]

#### 4. Proposta de melhoramento da rede

Os Pt's instalados neste bairro encontram-se a operar em regime de sobrecarga p que interfere na qualidade de energia deste bairro, havendo uma necessidade urgente de se resolver este problema. Uma das melhores opções para se aliviar estes PT's sobrecarregados, é se **instalar novos Posto de Transformação** no centro de carga, e este por sua vez devem ser dimensionados para suprir toda carga que será transferida e o factor de crescimento de carga num intervalo de 10 anos. Em alguns pontos há uma necessidade de abertura na rede alimentada pelos PT's já instalados de modo que se faça a transferência da carga destes para o novo PT, bem como a expansão da própria rede com vista a criação de novos ramais, para evitar a interligação de vários consumidores usando o mesmo cabo em paralelo.

### 3.4.1. Cálculo eléctrico

Esta fase do projecto é especialmente eléctrica, pois consiste em cálculos eléctricos. Os cálculos eléctricos a efectuar irão garantir o fluxo de potência sem grandes perdas na linha de MT. Estes iniciam com a escolha do transformador, e para a escolha deste (transformador) é necessária prever-se o crescimento da carga, determinar a carga remanescente e a carga de utilização pública.

#### 4.1.1. Previsão de crescimento de Carga

Com base nos registos de carga apresentados na memória descritiva verificou-se em média uma taxa de crescimento da carga de 5% por ano. Considerando um período de 10 anos. O factor de crescimento da carga é dado pela fórmula:

$$K_f = \left(1 + \frac{\alpha\%}{100}\right)^n \quad (2)$$

Onde:

$\alpha$ - É a taxa de crescimento da carga por ano dado em percentagem

$n$ - Período considerado para o crescimento dado em anos.

Assim a potência total será dada por:

$$S_T = S \times K_f \quad (3)$$

$$S_T = S \times \left(1 + \frac{\alpha\%}{100}\right)^n \quad (4)$$

Substituindo os dados na equação tem-se:

$$S_T = 449.645 \times \left(1 + \frac{5}{100}\right)^{10} = 732.425kVA$$

Daqui a 10 anos, a potência que deve ser fornecida pelo novo PT e os dois PT's já existentes será de 732.425kVA.

#### 4.1.2. Carga remanescente

A carga remanescente é aquela que irá permanecer nos PT's existentes no bairro após se efectuar a transferência de carga para o novo PT, considerando o índice de carregamento de 75%.

Número do PT	Carga actual a suprir (kVA)	Carga remanescente (kVA)	Carga a transferir (kVA)
821	124.015	124.015*0.75=93.011	31,004
820	325.63	325.63*0.75=224.223	81.407
<b>Total</b>	449.645	337.234	112.411

*Tabela: Carga remanescente e a transferir nos PT's*

Conhecendo a potência remanescente para um índice de carregamento de 75%, obtém-se a potência dos novos PT's ( $S_{PT}$ ) a instalar no bairro pela diferença entre a potência prevista daqui a 10 anos ( $S_t$ ) e a potência remanescente ( $S_r$ ) dos PT's já instalados.

$$S_{PT} = S_t - S_r \quad (5)$$

$$S_{PT} = 732.425 - 337.234 = 395,191\text{kVA}$$

### **Potência de utilização pública**

Considerando que o bairro já possui um posto de saúde e escola, no cálculo da carga de iluminação pública será considerada apenas a potência de iluminação pública. Para questões de eficiência energética o projecto prevê instalar lâmpadas fluorescentes de baixo consumo com potência para cada armadura de 40 W.

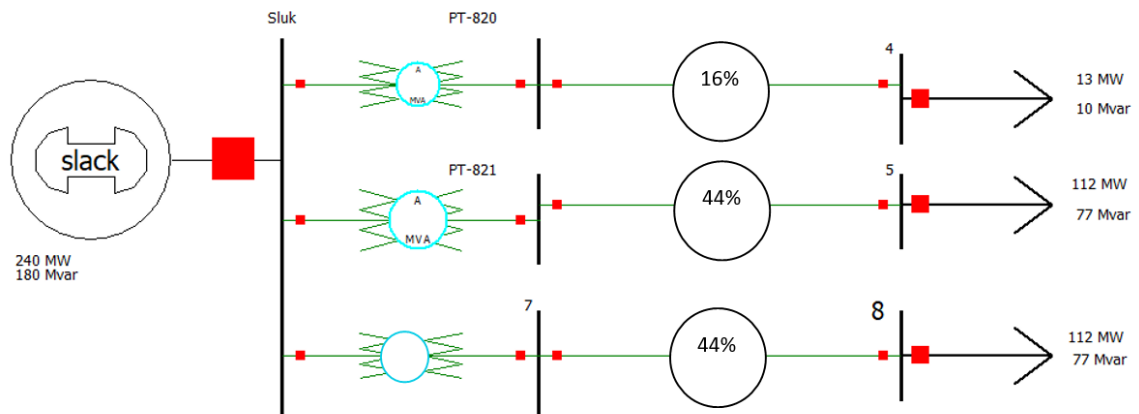


Figura 9: Carregamento dos PT's após a implementação do projecto

[Fonte: Desenvolvido no Power Word Simulator]

#### 4.2. Determinação do novo PT

O novo Posto de Transformação (PT), de 315 KVA/33/0.4 KV do tipo pórtico, será instalado com vista a aliviar os PT's que se encontram em regime de sobrecarga. A

alimentação do novo PT será feita através de uma linha aérea de 33kV que vem do Subestação de Boane denominada EB2, a mesma linha que alimenta os outros PT's já existentes no bairro.

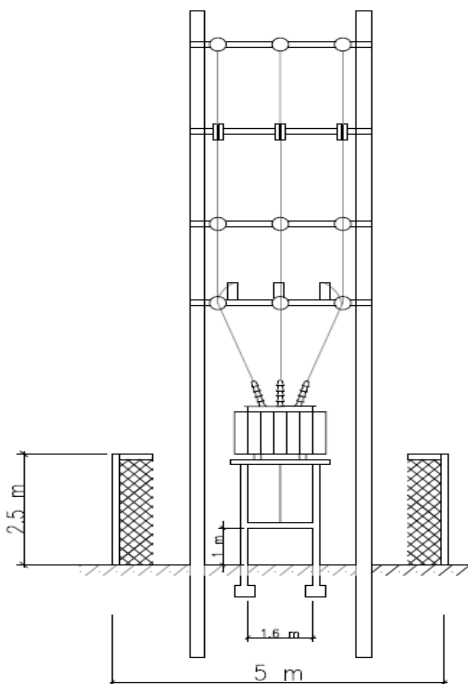


Figura 10:PT aéreo em pórtico, vista frontal

[Fonte: Manual de postos de transformação rurais - (M5) da EDM]

As características do transformador de potência são apresentadas na tabela abaixo, na qual é possível visualizar a potência, tensão do primário e secundário do mesmo (PT). O neutro está acessível em baixa tensão e refrigeração natural, em banho de óleo mineral marca EFACEC.

<b>Potência</b>	<b>315kVA</b>
<b>Tensão no primário</b>	33KV
<b>Regulação no primário</b>	+/-2,5% +/-5%
<b>Tensão no secundário em vazio</b>	400V
<b>Tensão de curto-circuito</b>	4,9%
<b>Grupo de ligação</b>	Dyn11
<b>Tensão de choque</b>	1,2/50s      170KV
<b>Tensão ensaio a 50 Hz 1 min</b>	70KV

Tabela 4: Características do novo transformador

### Características eléctricas do novo PT

Atendendo ao facto de que a maioria dos Postos de Transformação rurais, que são solicitados na EDM, serem de 33 KV, optou-se adoptar para todos os Postos de Transformação a construir as dimensões de 33 KV, com o seguinte esquema eléctrico simplificado.

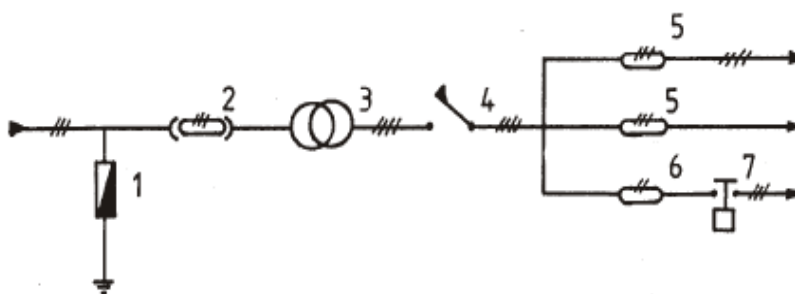


Figura 11: Esquema eléctrico simplificado

### Legenda:

- 1– Pára-raios
- 2 – Drop-outs
- 3 – Transformadores de potência MT/BT
- 4 – Disjuntor de baixa tensão
- 5 – Fusíveis APC de baixa tensão

6 – Fusíveis de iluminação pública

7- Contactora da iluminação pública

#### 4.2.1. Escolha do condutor para o Ramal de MT

- A selecção dos condutores de média tensão deve obedecer as três condições necessárias impostas pelo regulamento a serem satisfeitas de modo a obter a secção do condutor ideal nomeadamente:
- Condições de intensidade de serviço;
- Condições de queda de tensão
- Condições de aquecimento.

**Condições de intensidade de serviço:  $I_n \leq 1.45 \times I_z$**

$$I_n = \frac{S}{\sqrt{3} \times U_n} \quad (6)$$

$$\rightarrow I_n = \frac{315}{\sqrt{3} \times 33} = 5.512A$$

$$S_{min} = 20mm^2 \quad I_{max} = 111A \quad I_z = I_{max} \times \beta \times \gamma \quad (7)$$

$$\beta = 0.95 \quad \gamma = 0.93 \quad I_z = 111 \times 0.95 \times 0.93 = 98.068A$$

$$5.512 \leq 1.45 \times 98.068$$

**5.512 ≤ 142.198** Condição satisfeita

**Condição de queda de tensão:  $\Delta U \leq 7\% \times U_n$**

$$\Delta U = I_n \times \frac{\rho \times l}{S_{min}} \quad (8)$$

$$L = 480m \quad \rho = 2.82 \times 10^{-8} \Omega mm^2/m$$

$$\Delta U = 5.512 \times \frac{2.82 \times 10^{-8} \times 480m}{20} = 3.73 \times 10^{-6}V$$

$$3.73 \times 10^{-6} \leq 7\% \times 33k$$



$$3.73 \times 10^{-6} \leq 2310 \quad \text{Condição satisfeita}$$

**Condições de aquecimento:**  $I_{max} \geq \frac{I_n}{\beta \times \gamma}$

$$111A \geq \frac{5.512}{0.95 \times 0.93}$$

$$111A \geq 6.24A \quad \text{Condição satisfeita}$$

Tendo satisfeito todas condições necessária para a sua selecção, no lado do primário ou seja, media tensão ter-se-á um condutor de secção  $20mm^2$  do tipo AAAC.

#### 4.2.2. Selecção do cabo alimentador do QGBT

A selecção do cabo alimentador do QGBT foi mediante ao regulamento que considera três condições necessárias de serem satisfeitas de modo a obter a secção do condutor ideal, sendo estas:

**Condições de intensidade de serviço:**  $I_n \leq 1.45 \times I_z$

$$I_n = \frac{S}{\sqrt{3} \times U_n} \rightarrow I_n = \frac{315}{\sqrt{3} \times 0.4} = 454,66A$$

$$S_{min} = 280mm^2 \quad I_{max} = 463A \quad I_z = I_{max} \times \beta \times \gamma$$

$$\beta = 0.75 \quad \gamma = 0.93 \quad I_z = 463 \times 0.75 \times 0.93 = 329.89A$$

$$454,66 \leq 1.45 \times 329.89$$

$$454.66 \leq 478.34 \quad \text{Condição satisfeita}$$

**Condição de queda de tensão:**  $\Delta U \leq 7\% \times U_n$

$$\Delta U = I_n \times \Delta U_{280mm^2} \times l$$

$$\Delta U_{280mm^2} = 0.273V/A \times Km \quad U_n = 230V \quad L = 15m = 0.015Km$$

$$\Delta U = 454.66 \times 0.273 \times 0.015 = 1.86V$$

$$1.862 \leq 7\% \times 230$$

**31.862 ≤ 16.1** Condição satisfeita

**Condições de aquecimento:**  $I_{max} \geq \frac{I_n}{\beta \times \gamma}$

$$463A \geq \frac{454.66}{0.95 \times 0.93}$$

**463A ≥ 638.12A** Não satisfaz a condição

$$S_{min} = 480mm^2 \quad I_{max} = 650A \quad \mathbf{650A \geq 638.12A \text{ Satisfaz a condição}}$$

O alimentador do QGBT partindo do transformador de distribuição será do tipo LVAV quatro condutores com uma secção de  $480mm^2$ .

### Dimensionamento dos pára-raios

o nível de tensão que vai alimentar o novo PT é de 33 kV e o nível de isolamento básico (BIL) é de 200 kV. As grandezas eléctricas práticas que intervêm na selecção dos pára-raios são:

$$U_m = 1.1 \times U_n \quad (10)$$

Onde:  $U_m$  Tensão do pára-raios em kV;

$U_n$  – Tensao nominal da linha em kV.

$$U_m = 1.1 \times 33 = 36,3kV$$

Capacidade para suportar a sobre tensão temporária;

Para uma terra eficiente o factor de falha à terra (EFF) corresponde a 1.4.

$$TOV_{max} = \frac{U_m}{\sqrt{3}} \times EFF \quad (11)$$

Onde:  $TOV_{max}$ - Capacidade para suportar a sobre tensão temporária em kV;

$U_m$ - Tensão do para raios em kV:

*EFF*- Factor de falha à terra;

$$TOV_{max} = \frac{36,3}{\sqrt{3}} \times 1.4 = 29,34kV$$

Tensão máxima de operação contínua (*MCOV*):

$$MCOV = TOV_{max} \times 0.8 \quad (12)$$

$$\rightarrow MCOV = 29,34 \times 0.8 = 23.473kV$$

Capacidade de absorção do para raios ( $K_t$ ):

$$K_t = \frac{TOV_{max}}{MCOV} (pu) \quad (13)$$

$$\rightarrow K_t = \frac{29,34}{23,473} = 1.25pu$$

Tensão residual ou nível de protecção ( $U_{res}$ ):

$$U_{res} = \frac{MCOV}{0.8} \times 3.3 \quad (14)$$

$$\rightarrow U_{res} = \frac{23.473}{0.8} \times 3.3 = 96.826kV$$

Margem de protecção do para raios:

$$PM = \left( \frac{BIL}{U_{res}} - 1 \right) \times 100\% \quad (15)$$

Onde:

*PM* -Margem de protecção do para raios em percentagem (%);

$U_{res}$ -Tensão residual ou nível de protecção em kV;

*BIL* - Nível de isolamento básico em kV.

$$PM = \left( \frac{200}{96.826} - 1 \right) \times 100\% = 106.6\%$$

O pára-raios tem uma margem de protecção de 106.6%, uma capacidade de absorção de 1,25, capacidade para suportar uma sobre tensão temporária de 29,34 kV e uma tensão máxima de operação contínua de 23,473 kV.

A tensão nominal dos Pára-raios a instalar foi estipulada em função do nível de tensão da rede assim como do seu regime do neutro, ou seja, se é isolado, ligado directamente à terra, com uma capacidade de 10 KA e de marca **ASEA, tipo XBE**.

#### 4.2.3. Dimensionamento das protecções no lado B.T

##### Saídas

As saídas de baixa tensão serão executadas em cabo FVV 4x240+1x120mm<sup>2</sup> até ao primeiro poste da rede de baixa tensão aérea. A protecção das saídas é feita por fusíveis de baixa tensão de alto poder Corte (APC), do tipo "NH".

O calibre do fusível deve satisfazer as seguintes condições:

$$I_s \leq I_n \leq I_z; \quad I_f \leq 1.45I_z$$

Onde:

$I_n$  - é a intensidade de corrente nominal do aparelho de protecção;

$I_s$  - é a intensidade de corrente de serviço;

$I_z$  - é a intensidade de corrente limite de funcionamento do aparelho de protecção;

$I_z$  - (tabela) capacidade do cabo condutor.

Sendo:

$$I_s = 454,66A; \quad I_z = 515A$$

Aplicando os factores de correcção para cabos enterrados ( $\beta = 0.8$ ), e para temperaturas ambiente diferentes de 35° C ( $\gamma = 0.94$ ), o  $I_z$  corrigido é:

$$I_{z\text{corrigido}} = \beta \times \gamma \times I_z \rightarrow I_{z\text{corrigido}} = 0.8 \times 0.94 \times 515 = 387.28A$$

e a partir da tabela de características dos fusíveis  $I_z = 315A$

Contudo, não se satisfaz a primeira condição, logo deve-se ajustar o valor  $I_z=650A$ ,  $I_n=500A$  e  $I_f=800A$  satisfazendo:

**1ª Condição:**  $I_s \leq I_n \leq I_z \rightarrow 454.66 \leq 500 \leq 650$  e,

**2ª Condição:**  $I_f \leq 1.45I_z \rightarrow I_f \leq 1.45 \times 650 \rightarrow I_f \leq 942.5A$

Logo o fusível a usar terá uma capacidade de 500 A..

## Disjuntor de Baixa Tensão

Protecção contra sobrecarga

$$I_s \leq I_n \leq I_z; \quad I_f \leq 1.45I_z$$

O valor nominal da corrente do disjuntor é superior à corrente nominal secundária do transformador, e imediatamente superior disponível.

O disjuntor de BT que será usado é da marca "SACE" do tipo **N** ou **SN-600** de 630A, este dispõe de duas regulações, sendo uma para o valor da sobreintensidade, outra para o caso dos curtos-circuitos.

No primeiro deve-se regular I para o valor nominal da corrente secundária do transformador, regulando-se o segundo para mínimo indicado ( $I_{cc}$ ).

## Curto-circuito do lado de baixa tensão (BT)

A impedância do lado da BT é;

**Transformador:**  $S_{trans} = 315kVA$ ;  $U_{cc} = 4.9\%$ ;  $I_n = 454.66A$

Processo de cálculo

$$Z_{eq} = Z_{MT} + Z_{Trans} \quad (16)$$

A impedância da rede de MT ( $Z_{MT}$ ) e a impedância de curto-circuito do transformador ( $Z_{Trans}$ ), são reduzidas ao secundário (BT):

$$Z_{Trans} = U_{cc} \times \frac{U_{2n}^2}{S_{trans}} \quad (17)$$

$$\rightarrow Z_{Trans} = 0.049 \times \frac{0.4^2}{315} = 0.025\Omega$$

$$Z_{MT} = 1.1 \times \frac{U_{2n}^2}{S_{cc}} \quad (18)$$

$$\rightarrow Z_{MT} = 1.1 \times \frac{0.4^2}{600} = 2.93 \times 10^{-4}\Omega$$

Logo:

$$Z_{eq} = 0.025 + 2.93 \times 10^{-4} \Omega$$

Assim a corrente de curto-circuito prevista no secundário do transformador é determinada por:

$$I_{2cc} = \frac{U_2}{\sqrt{3} \times Z_{eq}} \quad (19)$$

$$\rightarrow I_{2cc} = 400 / (\sqrt{3} \times 0.025) = 9.237 kA$$

A corrente de pico respectiva será:

$$I_p = 1.8 \times \sqrt{2} \times I_{2cc} \quad (20)$$

$$\rightarrow I_p = 1.8 \times \sqrt{2} \times 0.316 = 23.52 kA$$

### **Contagem de Energia**

Será instalada aparelhagem de medida da energia total emitida assim como da energia destinada à iluminação pública.

O contador da contagem geral será trifásico, para a tensão nominal de 380 V e uma amperagem de 3x5 A, devendo ter integrador de ponta. Para a recolha da informação da corrente e será necessário montar-se um grupo de Transformadores de Intensidade (TIs), de baixa tensão, sobre os quais apresentam-se a seguir.

### **Transformadores de Intensidade (TIs)**

Serão montados três TIs para a tensão nominal de 400 V, corrente secundária de 5 Ampéres e uma potência entre 0.5 e 1,5 VA. Escolheu-se a relação de transformação a utilizarem função da corrente nominal secundária do transformador de potência sendo para este caso 500/5.

### **Barramento de BT**

Para a ligação entre o disjuntor e o barramento devem usar-se condutores unifilares do mesmo tipo de cabo e secção.

### 4.3. Segurança das instalações

Toda a instalação será executada de acordo com os regulamentos vigentes no país e em conformidade com as melhores regras de execução. No PT deverão ser estabelecidas duas "terras", uma terra de serviço e uma terra de protecção.

#### Terra de Serviço

A terra de serviço será ligada ao neutro do secundário do transformador. Esta ligação será feita a partir do quadro geral de baixa tensão através de um ligador amovível.

#### Terra de Protecção

A terra de protecção ligar-se-á às massas da aparelhagem de alta tensão, assim como todas as partes metálicas de suporte fixação da aparelhagem, incluindo a cuba do transformador e o invólucro metálico do quadro de baixa tensão.

Não havendo a possibilidade de se executar uma terra própria para os pára-raios, estes também serão ligados a terra de protecção. A ligação dos pára-raios deve fazer-se directamente ao condutor.

### 4.4. Cálculos mecânicos na execução da rede de distribuição em baixa tensão

A Instalação de uma rede tensa é condicionada por vários factores nomeadamente peso dos condutores, distância entre apoios, acção dos ventos, etc., que constituem as principais solicitações mecânicas as quais o cabo estará sujeito.

#### a) Tensão Máxima

A tensão máxima a aplicar aos feixes dos cabos torçados se obtém partindo das forças mecânicas de ruptura da alma do condutor considerando um coeficiente de segurança de  $\alpha_s = 2.5$ , cabo torçado LXS 3x95+50mm<sup>2</sup>, e a tensão máxima definida por:

$$\sigma_{max} = \frac{F_{min}}{S \times \alpha_s} \quad (21)$$

Onde:

$\sigma_{max}$  - Tensão máxima no cabo;

$F_{min}$  - Força mínima aplicada no cabo;  $S$  - Secção do condutor;

$\alpha_s$  - coeficiente de segurança

$$\sigma_{max} = \frac{11400}{95 \times 2.5} = 48N/mm^2$$

## b) Tracção Máxima (T)

A tracção máxima para um feixe de cinco condutores considerando que a força aplicada é igual em todos os condutores. O Valor da tracção é calculado por forma a não exceder uma força máxima de 6 KN a fim de reduzir os esforços sobre os apoios nos ângulos, derivações e fim de linha, segundo o regulamento de segurança das redes de distribuição de energia em BT.

$$T = \rho_{max} \times S \quad (22)$$

$$\rightarrow T = 48 \times 95 = 4560N$$

O valor assim calculado é o máximo permitido, sendo o real calculado pela resolução da equação de mudança de estado.

Assim, considerando as seguintes condições de montagem da rede de baixa tensão, pode-se calcular a flecha mínima de montagem.

## c) Condições de montagem:

D =35m (vão de montagem);

P = peso aproximado por unidade de secção e de comprimento;

F= Flecha mínima de montagem.

$$\rho_0 = \frac{P}{S} = \frac{14.84N}{mm^2} \quad (23)$$

## d) Flecha mínima de montagem

$$F = \frac{\rho_0 \times d^2 \times S}{8T} = \frac{14.84 \times 10^{-3} \times 35^2 \times 95}{8 \times 464.83} = 0.464m \quad (24)$$

## e) Cálculo da profundidade de encastramento dos apoios

Na determinação da profundidade de encastramento dos apoios, há que ter em conta a expressão:

$$P_e = 0.5 + 0.1H \quad (25)$$

Sendo H=9m a altura total do apoio em metros neste caso, tem-se:

$$P_e = 0.5 + 0.1 \times 9 = 1.4m$$



## **f) Cálculo das espias**

O cálculo da espia é essencial, e compreende-se como a distância de profundidade de encastramento até ao ponto onde se vai abrir a cova de apoio. Obedecendo a expressão:

$$E = \frac{2H_u}{2} = \frac{2 \times (9 - 1.4)}{2} = 4.4m \quad (26)$$

Em que:

$H_u$  - é a altura útil dos apoios

## **4.5. Especificações técnicas**

Geral

Todo o material que será usado para a implementação deste projecto deverá ser da primeira qualidade, particularmente no que se refere ao seu fabrico, resistência, flexibilidade e durabilidade, estando de acordo com as normas de CEI (Comissão Electrotécnica Internacional).

### **Ramal de MT**

Cabos Condutores Normalizados

O cabo condutor a usar na execução do ramal de MT para alimentar os novos PT's será de alumínio reforçado com fios de aço designados por "ACSR".

As secções a usar serão:

- Cabo ACSR "SQUIRREL" com a secção de 24,43 mm<sup>2</sup>;
- Cabo ACSR "FERRET" com a secção de 49,48 mm<sup>2</sup>;
- Cabo ACSR "MINK" com a secção de 73,71 mm<sup>2</sup>;

### **Apoios (Postes)**

Os apoios a usar na instalação do novo PT serão de eucalipto creosotado cujo nome é “EUCALYTUS SALIGNA”, e as dimensões dos apoios são 12,25m de altura e 0,12 a 0.15m de diâmetro do topo.

### **Isoladores de cadeia (33KV)**

São constituídos por acessórios metálicos para ligar nas duas extremidades ao apoio e aos condutores, tendo integrado na sua estrutura o sistema anti-arco (haste de descarga). Colocam-se nos desvios das linhas juntos com as pinças de amarração e também são colocados nas curvas das linhas de transmissão.

### **Isoladores de apoio**

Serão montados os isoladores de apoio de 33kV nos postes, para evitar a passagem de corrente eléctrica do condutor ao apoio ou para o suporte e sustentar e sustentar mecanicamente os cabos, barramentos. Colocam-se nos postes e cada poste deve possuir três (3) isoladores de apoio

### **Droup – Outs (LINKS)**

Para a protecção do pórtico usar-se-ão droup-outs da marca AB-CHANCE com as seguintes características técnicas:

- Tensão nominal: 36 kV;
- Corrente nominal: 100A;
- Capacidade de corte: 10kA;
- Tensão de corte: 150kA;
- Distância de fuga: 432mm;
- Nível básico de isolamento (BIL): 200kV.

### **Encastramento dos Apoios no Solo**

Os apoios serão implantados directamente no solo e atacados simplesmente com pedra solta e areia. Recomenda-se a colocação de uma coroa de pedras duras de dimensões convenientes ( $\pm 30$  cm) na base do poste e outra no terço superior da escavação devendo a altura destas coroas ser aproximadamente igual ao diâmetro do poste.

## Espias

Para as espias vai se usar, cabos de aço de secção transversal de 95mm<sup>2</sup> com uniões de tipo CROSBY 5/16. E o suporte será feito por aço galvanizado a quente.

## Mordente de cabo de aço

O mordente de cabo de aço é de aço galvanizado. A distância entre os dois postes para a montagem do transformador deve ser de 2,5 m (entre eixos).

## Quadro geral de baixa tensão

O quadro geral de baixa tensão será constituído por uma caixa metálica com o apoio vertical no solo, duas portas, com tratamento anticorrosivo com dimensões aproximadas a 1000x800x250 mm, contendo ainda os seguintes componentes:

- Disjuntor de BT tetra polar de 630A da marca "SACE " do tipo N ou SN-600, munido de um relé de 460 A.
- Fusível de alto poder de corte (APC) do tipo "NH". 500A para protecção das saídas;
- Barramentos;
- Focélula para comando de iluminação pública cujo esquema é apresentado no anexo 5
- Contador de energia total e contador de energia de iluminação pública;
- Transformador de intensidade 500/5

## 4.6. Extensão da rede de distribuição em baixa tensão

### Apoios

Para extensão da rede de distribuição em baixa tensão serão usados apoios de madeira creosotados com as seguintes características:

Referência dos postes	Comprimento total h (m)	Diâmetro da secção do topo d (mm)	Altura útil (m)	Diâmetro da secção transversal a 1m da base D (mm)	Solicitação nominal (kN)
A 8	8	150	6,70	205	1,96

Tabela 5 : Características dos postes de madeira

### **Cabo torçado de baixa tensão**

Usar-se-á na extensão da rede de distribuição o cabo torçado de 4 ou 5 condutores de alumínio, com a secção transversal de 95,70,50 ou 35 mm<sup>2</sup> com tensões nominais de 1KV, a partir do primeiro poste da rede de baixa tensão. A referência do cabo será LXS, 0.6/1.2kV.

### **Acessórios para o cabo de baixa tensão**

#### **a) Ganchos de alinhamento**

O gancho será de ferro galvanizado e deve ser desenhado especialmente para postes de madeira.

#### **b) Pinças de suspensão**

As pinças de suspensão de cabo torçado deverão suportar condutores até 4x95+25 mm<sup>2</sup>, instalados em ganchos de suporte (espigão) em postes de madeira.

#### **c) Pinças de amarração**

As pinças de amarração deverão ser fabricadas para suportar dois condutores de secção até 4x95+35 mm<sup>2</sup>, com ganchos para paredes ou para alinhamento ou mesmo pequenos ângulos. As borrachas (que estão incorporadas nas pinças de suspensão) deverão pressionar adequadamente o cabo e evitar possíveis danificações do isolamento do cabo. O corpo deverá ser feito com material de alumínio resistente a corrosão e aplicável com parafuso M16.

#### **d) Ligadores de derivação**

Usar-se-ão ligadores de derivação de código 331786786 da SOLIKAP, destinados a derivação de cabos principais de secção 16 a 25 mm<sup>2</sup> em PC1 e 35 a 95mm<sup>2</sup> em PC3.

#### **e) Isoladores de espia**

Os isoladores a serem usados serão do tipo SAG 1075/ELC de porcelana.

#### **f) Cabo de espia**

Usar-se-á o cabo de aço encordoado de secção 50 mm<sup>2</sup> para o espiamento dos apoios usando ligadores especiais para este fim, de código 330448448 da SOLIKAP.

## 5. ESTIMATIVA DE CUSTO

Nas tabelas abaixo apresentam-se as estimativas de custo e a lista dos materiais para rede de BT e MT. A rede de MT aqui proposta tem como objectivo alimentar o novo PT, e a de BT refere-se a expansão e melhoramento da rede já existente.

Tabela 6: Estimativa de custo da rede de MT

ORD	DESIGNAÇÃO	UN	QTD	V. UNIT.(Mts)	V.TOTAL (Mts)
<b>REDE DE MT-A</b>					
1	Poste de madeira de 12,5m	un		10,822.50	0.00
2	Espia completa	un	2	5,340.00	10,680.00
3	Ferro u	un	4	5,500.00	22,000.00
4	Transformador de potencia 315KVA	un	1	751,197.05	751,197.05
5	Armario de BT Completo	un	1	85,000.00	85,000.00
6	Cabo VAV 4x95mm e accesorios de ligacao	m	120	3,250.00	390,000.00
7	Droup Outs	un	3	7,500.00	22,500.00
8	Para Raios	un	3	7,500.00	22,500.00
9	Grampos	un	16	175.00	2,800.00
10	Electrodo de Terra de 2m	un	30	650.00	19,500.00
11	Condutor de cobre nu	m	100	350.00	35,000.00
12	Ligadores paralelos	n	18	185.00	3,330.00
13	Condutor AAAC 150mm	m	210	175.00	36,750.00
14	Isoladores de passagem	n	6	1,850.00	11,100.00
				<b>Diversos 5%</b>	<b>3,513.00</b>
<b>SUBTOTAL (1)</b>					<b>1,412,357.05</b>
<b>MAO DE OBRA - B</b>					
		QTD	H	SAL./HORA	V. TOTAL (Mts)
1	Técnico Superior	1	48	276.59	13,276.22
2	Técnico	1	48	186.26	8,940.67
3	Oficiais	3	48	105.53	15,196.90
4	Electricistas	3	48	56.86	8,188.13
5	Auxiliares	3	48	30.99	4,462.75
6				<b>TOTAL - B</b>	<b>50,064.67</b>
<b>TRANSPORTE - C</b>					
		QTD	H	CUSTO/HORA	V. TOTAL (Mts)
7					
8	Camião	1	8	3,500.00	28,000.00
9	Grua	1	8	4,750.00	38,000.00
10	Carrinha	1	48	450.00	21,600.00
				<b>TOTAL - C</b>	<b>87,600.00</b>
<b>RESUMO</b>					
11				Soma ( A + B + C )	1,550,021.72
12				Admnistracão 10%	155,002.17
13				IVA 17%	289,854.06
14				Custo de Fornecimento de Equipamentos e Montagem	1,994,877.95
15				Depósito de Garantia	0.00
16				Projecto e termo de responsabilidade	0.00
17				Taxa de Ligação	0.00
18				Contrato de Fornecimento de Energia	0.00
15				<b>TOTAL GERAL</b>	<b>1,994,877.95</b>

Tabela 7: estimativa de custo da rede de baixa tensão

ORD	DESIGNAÇÃO	UN	QTD	V. UNIT.(Mts)	V.TOTAL (Mts)
<b>REDE BT</b>					
1	Poste de Madeira 9 mm2	Un	36	6,750.00	243,000.00
4	Cabo torcado 3x50+55+25 mm2	m	1900	304.56	578,664.00
6	Pincas de amarração PC3	Un	31	167.71	5,199.01
8	Pincas de suspensão PC3	Un	20	325.00	6,500.00
9	Espigões M16	Un	36	372.50	13,410.00
10	Ponto de Seccionamento	un	7	40,542.32	283,796.24
11	Armário completo de BT	UN	1	125,000.00	125,000.00
12	Cabo VAV 4x185mm	m	120	4,850.00	582,000.00
14	Ligadores PC3	Un	50	120.12	6,006.00
16	Espias completas	Un	9	4,326.00	38,934.00
<b>SUBTOTAL (1)</b>					<b>1,882,509.25</b>
17		un	0	24,000.00	0.00
<b>SUBTOTAL (3)</b>					<b>0.00</b>
<b>SUBTOTAL 4 = (1+2+3)</b>					<b>0.00</b>
<b>Tx. Armaz.</b>					
<b>TOTAL - A = (Subtotal 4 + Taxa de Armazem)</b>					<b>0.00</b>
<b>MAO DE OBRA - B</b>					
18		QTD	H	SAL./HORA	V. TOTAL (Mts)
19	Técnico	1	16	276.59	4,425.41
20	Oficiais	3	24	186.26	13,410.72
21	Electricistas	3	24	105.53	7,598.16
22	Auxiliares	4	24	55.80	5,356.80
23	<b>TOTAL - B</b>				<b>30,791.09</b>
<b>TRANSPORTE - C</b>					
24		QTD	H	CUSTO/HORA	V. TOTAL (Mts)
25	Camião	1	16	3,500.00	56,000.00
26	Grua	1	16	4,750.00	76,000.00
27	Carrinha	1	24	450.00	10,800.00
<b>TOTAL - C</b>					<b>142,800.00</b>
<b>RESUMO</b>					
28	Soma ( A + B + C )				2,056,100.34
29	Administração 10%				0.00
30	IVA 17%				349,537.06
31	Custo de Fornecimento de Equipamentos e Montagem				2,405,637.40
32	Depósito de Garantia				0.00
33	Projecto e termo de responsabilidade				0.00
34	Taxa de Ligação				0.00
35	Contrato de Fornecimento de Energia				0.00
36	<b>TOTAL GERAL</b>				<b>2,405,637.40</b>

O custo total do projecto é a soma do Total geral da rede em e Total geral rede em BT, 4428372.47 MT.

## 6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### CONCLUSÕES

Feito o estudo da situação actual da rede de distribuição de energia eléctrica em baixa tensão no bairro Massaca-3 no distrito de Boane, conclui-se que a energia actualmente fornecida ao bairro não é de qualidade, sendo uma das principais causas dessa má qualidade os PT's operando no regime de sobrecarga.

Para solucionar este problema propôs-se a instalação de um novo PT no bairro, e extensão da rede em BT. O novo PT permitira que se faça uma transferência de carga destes PT's sobrecarregados e albergar novas cargas que futuramente poderão surgir.

A instalação do novo PT resultou no dimensionamento da aparelhagem de manobra e protecção bem como do ramal de MT que irá alimentar o mesmo (PT novo).

A extensão da rede proposta em BT, permitirá que haja novas linhas de distribuição de energia eléctrica, e conseqüentemente o número de baixadas em cada poste reduzir

### RECOMENDAÇÕES

#### **Quanto ao Posto de Transformação**

- Durante a instalação e operação dos postos de transformação deve-se atentar nas especificações técnicas e o local onde o transformador será instalado deve ser restrito de modo evitar a ocorrência de acidentes humanos, isto é, apenas pessoas qualificadas e autorizadas é que devem ter acesso ao local.

#### **Quanto à instalação no seu todo**

- Durante a execução da proposta de melhoramento da rede em baixa tensão no bairro Massaca-3, deve-se atentar bastante às especificações indicadas ao longo deste projecto, pois todos equipamentos foram escolhidos baseando-se no modo de operação das redes eléctricas em BT e MT.

#### **Quanto à protecção dos técnicos responsáveis pela execução do projecto**

- Segundo “Manual de montagem de linhas – (M1), julho, 2006 – EDM, Maputo”, recomenda-se que o técnico disponha dos seguintes equipamentos de protecção durante a operação em redes eléctricas:
  - ✓ Tapete isolante de acordo com o nível de tensão, em caso de operação num PT;
  - ✓ Botas apropriadas;
  - ✓ Cinto de segurança, em caso de subida em postes;
  - ✓ Capacete;
  - ✓ Luvas de acordo com o nível de tensão;
  - ✓ Mascara, para protecção contra poeiras.



## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Apontamentos da disciplina de Instalações de Transporte e Distribuição de Energia Eléctrica 2012 - FENG, Eg<sup>o</sup> Manuel Teles.
- [2] Apontamentos da disciplina de Aparelhagem de Manobra e Protecção 2011 - FENG, Ego Fernando Chachaia.
- [3] MARTINS, L. Sousa 2005. “Apontamentos para projecto de instalações eléctricas ii”. Setúbal;
- [4] RODRIGUES, José e MATÍAS, José. Máquinas Eléctricas (Transformadores). Lisboa, Didáctica Editora, 7a edição, 1995.
- [5] Ministério da economia de Portugal, Regulamento de Segurança de Redes de Distribuição de Energia Eléctrica de Baixa Tensão; Decreto n.º 42 895.
- [6] SOLIDAL, Condutores Eléctricos, 2007 – Guia Técnico; 11<sup>a</sup> Edição.
- [7] Regulamento de Segurança de Subestações e Postos de Transformação e de Seccionamento.
- [8] Manual de montagem de postos de transformação rurais junho, 2006 – EDM, Maputo
- [9] GLOVER, J. Duncan; SARMA, Mulukutla S. & OVERBYE, Thomas J., Power System Analysis and Design, NYC, CENGAGE Learning Editora, 5<sup>a</sup> Edição, 2010
- [10] Manual de montagem de linhas – (M1), julho, 2006 – EDM, Maputo

## OUTRAS BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS

- MARTINS, L. Sousa 2004. “Apontamentos para projecto de instalações eléctricas ii”. Setúbal;
- Manual de instalações eléctricas II (2006), Departamento de Engenharia Electrotécnica, UEM.
- Produção, transporte e distribuição de energia eléctrica, José Vagas CoreiraMatias e Ludgero Paula Nobre Leote; 5<sup>a</sup> edição; Lisboa; 1990

- Manual do Electrecista instalador 1987, 4ª Edição.
- <http://www.abradee.org.br/setor-de-distribuicao/a-distribuicao-de-energia>  
(04/05/2017 as 20h)
- <http://energy.gov/sites/prod/files/2010%20Smart%20Grid%20System%20Report.pdf>  
(07/05/2017 as 21h25)

## **7. Anexos**

## Anexo 1

Potência transformador (KVA)	Corrente secundária (A)	Relação transformação dos TIs.	Factor multiplicação
16	24,3	30/25/5	6/5
30	43,3	50/5	10
50	72,2	75/5	15
100	144,3	150/5	30
160	230,9	250/5	50
200	288,7	300/5	60
250	360,8	400/5	80
315	454,7	500/5	100

Tabela A1: Escolha da relação de transformação dos TIs

## Anexo 2

Secção cabo NYBY mm <sup>2</sup>	Corrente admissível (A)	Calibre fusível (A)	Corrente não fusão (A)	Correspondência com linhas aéreas
4x16	43	25	45	-
4x10	60	35	59	-
4x16	80	50	77	GNAT
3x25+16	106	63	100	LADY BIRD
3x25+25	131	80	130	FLY
3x50+35	159	100	170	GRASS
				HOPER
3x70+50	202	125	200	WASP
3x90+50	244	160	260	-
3x120+75	282	200	320	-

A 1: relação dos calibres em função da secção do cabo

**LXS** 0,6/1 kV

**Características Eléctricas e Dimensionais dos Cabos Torçada LXS**

Secção nominal mm <sup>2</sup>	Espessura Nominal da Isolação mm	Diâmetro Aparente mm	Peso Aproximado Kg/Km	Força de Ruptura por Conductor de Fase N	Intensidade		Intensidade Curto-Circuito Admissível durante 1s kA	Queda de Tensão cos φ = 0,8 V/A.km
					30°C A	40°C A		
2X16	1,2	13,0	143	1900	93	85	1,39	4,030
4X16	1,2	17,0	285	1900	82	75	1,39	3,490
4X16+16	1,2	18,4	355	1900	82	75	1,39	3,490
4X25	1,4	20,4	440	3000	109	100	2,16	2,230
4X25+16	1,4	21,0	510	3000	109	100	2,16	2,230
4X25+2X16	1,4	22,5	580	3000	109	100	2,16	2,230
4X35	1,6	23,2	575	4200	131	120	3,05	1,630
4X35+16	1,6	26,0	645	4200	131	120	3,05	1,630
4X35+2X16	1,6	26,7	715	4200	131	120	3,05	1,630
4X50	1,6	28,3	780	6000	163	150	4,35	1,220
4X50+16	1,6	29,5	850	6000	163	150	4,35	1,220
4X50+2X16	1,6	29,5	920	6000	163	150	4,35	1,220
4X70	1,8	34,0	1110	8400	207	190	6,09	0,871
4X70+16	1,8	34,7	1180	8400	207	190	6,09	0,871
4X70+2X16	1,8	34,7	1250	8400	207	190	6,09	0,871
4X95	1,8	38,6	1340	11400	252	230	8,27	0,649
4X95+16(25)	1,8	39,1 (39,8)	1410(1445)	11400	252	230	8,27	0,649
4X95+2X16(25)	1,8	39,6 (40,7)	1480(1550)	11400	252	230	8,27	0,649

Tabela:A2: Características Eléctricas e Dimensionais dos cabos torçada LXS

# LVV, LSVV, LVAV, LSAV

HD 603-SI

## Características Eléctricas e Dimensionais

Seção Nominal	1 Condutor (Ø)						2 Condutores (Ø)						3 + 2 Condutores (Ø)			3 Condutores			4 Condutores							
	Intensidade		Quantidade de Tensões com 0 - 4,8 (A)	Ø Exterior Aprox.		Peso Aprox. kg/100m	Intensidade		Ø	Peso	Intensidade		Ø	Peso	Ø	Peso	Ø	Peso								
	Instalação Subterrânea Ø = 20°C	Instalação ao Ar Ø = 30°C		Ø	Ø		Ø	Ø			Ø	Ø							Ø	Ø						
	mm²	A	A	Ø	Ø	Ø	Ø	A	A	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø								
16	80	80	3,300	16.1	12.8	140	250	95	67	3,760	13.7	17.4	14.0	14.0	90	62	3,280	15.8	11.7	330	780	17.4	22.7	420	880	
25	115	100	2,100	16.7	14.6	190	310	125	89	2,390	16.0	19.8	14.0	690	110	80	2,090	18.6	14.6	470	1000	20.9	26.0	600	1150	
35	160	129	1,530	17.7	16.6	230	300	150	107	1,750	17.5	22.4	14.0	870	130	93	1,530	20.4	15.5	580	1000	23.4	28.1	770	1350	
50	200	150	1,080	18.4	18.3	300	400	175	119	1,300	18.0	25.1	15.0	1050	150	107	1,150	23.7	18.6	780	1350	27.0	30.8	1000	1650	
70	275	196	0,834	19.9	19.8	380	700	225	160	0,927	22.5	27.1	19.0	1050	195	138	0,820	26.4	21.1	1000	1650	29.8	37.1	1300	2300	
95	330	236	0,626	18.6	23.3	480	900	270	191	0,687	22.0	32.1	19.0	1650	235	169	0,661	31.4	28.8	1350	2600	36.7	43.4	1650	3000	
120	390	276	0,500	20.2	24.9	570	1050	305	218	0,558	25.0	34.8	20.0	1900	270	191	0,500	34.7	41.7	1600	3000	39.6	47.8	2000	3600	
150	440	310	0,432	22.0	27.1	660	1250	350	249	0,467	31.9	39.3	14.00	2600	310	222	0,424	38.4	44.2	2000	3500	44.6	51.0	2350	4050	
185	505	360	0,381	24.6	29.3	850	1450	390	276	0,387	35.4	43.2	17.00	3100	355	254	0,354	42.1	50.5	24.00	4200	49.0	57.6	2900	5000	
240	590	423	0,296	27.4	32.1	1050	1700	455	315	0,301	39.5	47.8	18.00	3800	430	294	0,288	47.8	56.8	3100	5100	55.5	64.1	3800	6100	
300	640	483	0,273	28.3	33.0	1250	1900	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
360	685	490	0,233	30.1	36.4	1500	2100	590	365	0,265	44.2	51.6	17.00	4500	470	334	0,245	51.6	61.4	3800	6000	61.0	70.2	4600	7200	
420	750	560	0,199	31.9	39.1	1800	2400	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
480	800	583	0,185	33.9	40.5	1950	2600	600	436	0,236	48.6	58.4	13.00	5400	560	401	0,204	60.2	68.9	4900	7400	69.5	78.5	5800	8700	
480	900	650	0,190	35.5	42.3	2000	3300	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
500	915	648	0,185	37.2	44.0	2000	3400	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
600	1050	748	0,169	38.4	45.2	2350	3800	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
630	1080	774	0,160	42.5	50.3	2500	4200	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
740	1190	854	0,149	47.0	49.8	2850	4500	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

Tabela A3: características e dimensionais dos cabos LVV, LSVV, LVAV, LSAV

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
33	36	33

Tabela A4: tensão nominal dos pára-raios

## Anexo 3

### Factores de correcção das intensidades admissíveis em canalizações eléctricas: temperatura ambiente

Temperatura ambiente (°C)	Factores de correcção K <sub>2</sub> PVC	Factores de correcção K <sub>2</sub> XLPE/EPR
10	1,22	1,15
15	1,17	1,12
20	1,12	1,08
25	1,06	1,04
30	1	1
35	0,94	0,96
40	0,87	0,91
45	0,79	0,87
50	0,71	0,82
55	0,61	0,76
60	0,50	0,71
65	—	0,65

### Factores de correcção das intensidades admissíveis em canalizações eléctricas: número de circuitos ou de cabos multicondutores encastrados nas paredes

Número de circuitos ou de cabos multicondutores	Factores de correcção K <sub>3</sub>
1	1
2	0,8
3	0,7
4	0,65
5	0,6
6 - 7	0,57-0,54
8 - 9	0,52-0,5

Tabela: Factor de correcção das intensidades admissíveis em canalizações eléctricas a temperatura ambiente

Anexo 4

$I_N$ [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: Características dos fusíveis

**Disjuntor sem regulação**

$I_N$ [A]	$I_{nf}$ [A]	$I_f$ [A]
	$1,1 \times I_N$	$1,3 \times I_N$
6	6,6	7,8
10	11	13
16	17,6	20,8
20	22	26
25	27,5	32,5
32	35,2	41,6
40	44	52
50	55	65
63	69,3	81,9
100	110	130
125	137,5	162,5
160	176	208

**Disjuntor com regulação**

$I_N$ [A]	$I_{nf}$ [A]	$I_f$ [A]
	$1,05 \times I_N$	$1,2 \times I_N$
100	105	120
125	131,25	150
160	168	192
250	262,5	300
400	420	480
630	661,5	756
1000	1050	1200
1250	1312,5	1500
1600	1680	1920
2500	2625	3000

Tabela A6: características dos disjuntores





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

Referência do tema	2022ELEPD23
--------------------	-------------

Data	08-08-2022
------	------------

1. AGENDA:

Apresentação do avanço do trabalho acerca da Fundamentação Teórica
--

2. PRSENCAS

Supervisor	Eng.º Fernando Chachaia
Co-supervisor	
Estudante	Catia Margarida Cumbe
Outros	

3. RESUMO DO ENCONTRO:

Sugestão de formas de apresentação do trabalho
Correcção da revisão bibliográfica

4. RECOMENDAÇÕES:

Melhorar abordagem dos calculos
Apresentar de forma clara a metodologia

5. OBSERVAÇÕES:


6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO

04-11-2022	10:00
------------	-------



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

Referência do tema	2022ELEPD23
--------------------	-------------

Data	08-08-2022
------	------------

1. AGENDA:

Apresentação do avanço do trabalho acerca do desenvolvimento e análise do projecto
Apresentação das conclusões e recomendações

2. PRSENCAS

Supervisor	Eng <sup>o</sup> Fernando Chachaia
Co-supervisor	
Estudante	Catia Margarida CUmbe
Outros	

3. RESUMO DO ENCONTRO:

Avaliação do aspectos relativos ao desenvolvimento do projecto

4. RECOMENDAÇÕES:

Fazer análise crítica dos resultados encontrados
Seguir regra na apresentação das referências bibliográficas

5. OBSERVAÇÕES:


6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO

18-11-2022	10:00
------------	-------



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**

**FACULDADE DE ENGENHARIA**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA**

Referência do tema	2022ELEPD23
--------------------	-------------

Data	08-08-2022
------	------------

**7. AGENDA:**

Apresentação do avanço do trabalho acerca de questões organizacionais
Avaliação do relatório pelo supervisor académico

**8. PRSENCAS**

Supervisor	Eng.º Fernando Chachaia
Co-supervisor	
Estudante	Catia Margarida Cumbe
Outros	

**9. RESUMO DO ENCONTRO:**

Avaliação de todos os aspectos organizacionais do projecto

**10. RECOMENDAÇÕES:**


**11. OBSERVAÇÕES:**


**12. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO**

--	--



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**

**FACULDADE DE ENGENHARIA**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA**

**RELATÓRIO DE PROGRESSO**

Referência do tema	2022ELEPD23
--------------------	-------------

ACTV.	DATA	ESTÁGIO (%)	OBSERVAÇÕES	RÚBRICA
1	09-10-2022	20	Melhorar metodolodia	
	18-10-2022	100	Avançar com a revisao blibliografica	
2	25-10-2022	30	Definir conceitos necessários	
3	10-11-2022	20	Revisao dos calculos relativos ao dimensionamnto	
	12-11-2022	100	Avançar para considerações finais	
4	20-11-2022	50	Melhorar as recomendações	
	23-11-2022	100	Verificar paginação dos anexos	



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**

**FACULDADE DE ENGENHARIA**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA**

**F1 - GUIA DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ESCRITO**

Nome do estudante: Cátia Margarida Cumbe

Referência do tema: 2022ELEPD23

Data: 08/08/2022

Título do tema: Melhoramento da rede de distribuição de baixa tensão no Bairro Massaca "3" - Distrito de Boane

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

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

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

<b>4. Apresentação e estilo da escrita</b>					
4.1. Legibilidade e organização	1	2	3	4	5
4.2. Ilustração e qualidade das figuras e tabelas	1	2	3	4	5

4.3. Estilo da escrita (fluência do texto, uso da língua e gramática)	1	2	3	4	5
4.4. Fontes bibliográficas (citação correcta, referências, etc)	1	2	3	4	5
<b>Secção 4 subtotal(max: 20)</b>					

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

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



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

**F2 – GUIA DE AVALIAÇÃO DA APRESENTAÇÃO ORAL E DEFESA**

Nome do estudante: Cátia margarida Cumbe

Referência do tema: 2022ELEPD23

Data: 08/08/2022

Título do tema: Melhoramento da rede de distribuição de baixa tensão no Bairro Massaca "3" - Distrito de Boane

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

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

<b>3. Estilo da apresentação</b>										
3.1. Uso efectivo do tempo	1	2	3	4	5					
3.2. Clareza, tom, vivacidade e entusiasmo	1	2	3	4	5					
3.3. Uso e qualidade dos audio-visuais	1	2	3	4	5					
<b>Secção 3 subtotal(max: 15)</b>										

<b>4. Defesa</b>										
4.1. Exactidão nas respostas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

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

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





UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

**FICHA DE AVALIAÇÃO DA ATITUDE DO ESTUDANTE**

Nome do estudante: Catia Margarida Cumbe

Referência do tema: 2022ELEPD23

Data: 08/08/2022

Titulo do tema: Titulo do tema: Melhoramento da rede de distribuição de baixa tensão no Bairro Masssaca "3" - Distrito de Boane

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

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

<b>Total de pontos (max: 35)</b>	
--------------------------------------	--

<b>Nota (=Total*20/35)</b>
----------------------------



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**

**FACULDADE DE ENGENHARIA**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA**

**F3 - FICHA DE AVALIAÇÃO GLOBAL**

Nome do estudante: Cátia Margarida MargaridaReferência

Referência do tema:2022ELEPD23

Data:25/11/2022

Título do tema: Melhoramento da rede de distribuição de baixa tensão no Bairro Massaca“3”-Distrito de Boane

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

<b>CLASSIFICAÇÃO FINAL <math>= (N1 * A + N2 * B) / 100</math></b>	
---	--

**OS MEMBROS DO JURI:**

O Presidente	
O Oponente	
Os Supervisores	

