



Universidade Politécnica

A POLITÉCNICA

INSTITUTO SUPERIOR DE GESTÃO, CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS

(ISGTC)

LICENCIATURA EM ENGENHARIA ELÉCTRICA

Tema:

**PROJECTO DE EXPANSÃO DA REDE DE ENERGIA
ELÉCTRICA NO BAIRRO 7 DE SETEMBRO –
MUNICÍPIO DE BOANE**

Autor:

Alberto Zacarias Fumo

(código do estudante: **594871**)

Maputo, Abril de 2025

Universidade Politécnica
A POLITÉCNICA
INSTITUTO SUPERIOR DE GESTÃO, CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS
(ISGTC)

Curso de Engenharia Eléctrica

PROJECTO DE EXPANSÃO DA REDE DE ENERGIA ELÉCTRICA NO
BAIRRO 7 DE SETEMBRO – MUNICÍPIO DE BOANE

Trabalho de conclusão de curso apresentado na Universidade A Politécnica como requisito para obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia Eléctrica.

Supervisor: Eng^o. Eugénio Fernando Mandlate

Alberto Zacarias Fumo

DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu, Alberto Zacarias Fumo, estudante finalista do curso de Licenciatura em engenharia Eléctrica no Instituto Superior de Gestão, Ciências e Tecnologias da Universidade Politécnica, declaro por minha honra que este trabalho de conclusão do curso é da minha autoria e resulta da minha investigação pessoal e da orientação dos supervisores do instituto e da empresa onde realizei o estágio. Esta é a primeira vez que o submeto para a obtenção do grau de licenciatura nesta instituição educacional e nunca foi apresentado para a obtenção de qualquer grau ou num outro âmbito.

Maputo, aos de 2025

(Alberto Zacarias Fumo)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais Zacarias José Fumo e Assa Ivo Mahumana (em memória), pelos ensinamentos da vida, como honestidade, perseverança, luta e persistência.

À minha esposa Artimíza Américo Belarmino, que durante esta jornada tem apoiado de forma incondicional com seu amor, carinho, dando incentivos para continuar, sempre que algum obstáculo ou empecilho sobrevem pela frente.

E a todos que directa ou indirectamente participaram e deram seu apoio e ajuda massiva perante esta caminhada académica e que este sirva como legado para a família Fumo.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço à Deus todo poderoso, ao qual devemos toda honra e glória, pois, a Ele advém toda sabedoria e conhecimento “(Tiago 1:5) Ora, se algum de vós tem falta de sabedoria, peça-a a Deus, que a todos dá liberalmente e não censura, e ser-lhe-á dada”.

Em segundo lugar à minha esposa que me apoiou bastante nesta caminhada, aos amigos e colegas da academia, a equipe do trabalho na empresa Eletricidade de Moçambique –EDM, EP que me fortaleceu bastante no entendimento da matéria ou na interação teórica e prática durante o processo do estágio e investigação.

Agradeço ao docente e orientador Eng.º Eugénio F. Mandlate por toda paciência, apoio e dedicação ao longo desses meses da realização deste trabalho de conclusão e pelo encorajamento de seguir com o tema de expansão de rede de energia eléctrica.

RESUMO

No presente trabalho aborda-se sobre o dimensionamento dos componentes da rede de média tensão e baixa tensão, tendo em vista a alimentação de 19 PT's. Tendo dimensionado uma linha aérea de média tensão ACSR DOG com uma secção transversal de 118,6 mm² com extensão de 16 quilómetros alimentar um bairro de 31 quarteirões com 19 transformadores de 250 kVA, sendo que o ponto de toma dista a 4,8 quilómetros. O projecto propõe uma solução técnica e económica para o melhoramento da rede de distribuição de energia eléctrica na alimentação do bairro 7 de Setembro – Município de Boane-Província de Maputo. Esta zona, actualmente tem 4 PT's a funcionarem acima dos seus regimes nominais. Acompanhando o crescimento demográfico e a consequente evolução dos consumos, a rede de distribuição tem sido reforçada e modernizada, de forma a dar resposta ao melhoramento da rede eléctrica visto que tem tido cortes frequentes. Este problema é associado a longos percursos dos cabos de baixa tensão que origina a falta de segurança dos residentes. A ilustração dos apoios e posições dos elementos da rede é apresentada num mapa de electrificação do bairro.

Palavra-chave: Linhas aéreas, baixa tensão, posto de transformação, cálculo eléctrico e mecânico e estimativa de potência.

ABSTRACT

This work addresses the design of medium and low-voltage network components, with a focus on supplying 19 Transformation Stations. A medium-voltage ACSR DOG overhead line with a cross-sectional area of 118,6 mm² and an extension of 16 kilometres was sized to supply a neighbourhood of 31 blocks with 19 transformers of 250 kVA each the power point is 4.8 kilometres away. The project proposes a technical and economic solution for improving the power distribution network to supply the 7 de September neighbourhood in the Municipality of Boane, Maputo Province. This area currently has 4 transformation stations operating above their nominal capacities. In response to demographic growth and the consequent increase in consumption, the distribution network has been reinforced and modernized to improve the electrical network, which has been experiencing frequent outages. This problem is linked to the long paths of low-voltage cables, which compromise the safety of residents. An illustration of the supports and positions of the network elements is presented on a neighbourhood electrification map.

KEYWORDS: Overhead lines, low voltage, transformation station, electrical and mechanical calculation, and power estimation.

ÍNDICE

LISTAS DE TABELAS	XV
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	XVI
LISTA DE SÍMBOLOS	XVII
EPÍGRAFE	XVIII
CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO.....	1
1. Introdução.....	1
1.1. Delimitação do tema	2
1.2. Problema de investigação.....	2
1.2.1. Pergunta de pesquisa	3
1.2.2. Hipóteses	3
1.3. Objectivos	3
1.4. Justificativa para escolha do tema.....	3
1.5. Descrição das características do ambiente do estudo	4
1.6. Organização do trabalho	4
CAPÍTULO II - REVISÃO DE LITERATURA.....	6
2.1. Marco conceptual.....	6
2.1.1. O sistema de energia eléctrica.....	6
2.1.2. Classificação das Redes Eléctricas.....	6
2.2. Desenvolvimento Circunstâncial	7
2.3. Marco Referencial	8
2.3.1. Rede de media tensão	8
2.3.2. Rede de Baixa tensão.....	9
2.4. Marco teórico.....	11
2.4.1. Sistema Eléctrico De Potência.....	11
2.4.2. Rede de distribuição eléctrica.....	12

2.4.3. Classificação das redes eléctricas	12
2.4.4. Quanto a configuração do sistema	13
2.4.5. Cálculo da Carga instalada.....	15
2.4.6. Cabo alimentador	15
2.4.7. Dimensionamento da linha de média tensão.....	17
2.4.8. Corrente de Serviço	17
2.4.9. Coeficiente de Auto-Indução.....	18
2.4.10. Resistência do Condutor	18
2.4.11. Reactância do Condutor	18
2.4.12. Queda de Tensão	18
2.4.13. Cálculo Mecânico.....	19
2.4.14. Acção da temperatura e estados atmosféricos	19
2.4.15. Forças que actuam nos condutores	20
2.4.16. Estado atmosférico mais desfavorável	21
2.4.17. Equação dos estados atmosféricos	23
2.4.18. Flecha máxima	23
2.4.19. Dimensionamento dos isoladores	24
CAPÍTULO III: METODOLOGIA	26
3. Metodologia	26
3.1. Quanto ao tipo de pesquisa	26
3.2. Quanto à natureza.....	26
3.3. Quanto à abordagem.....	26
3.4. Quanto aos procedimentos.....	26
3.5. População	27
3.6. Amostra.....	27
3.7. Estratégias de recolha de dados	27

CAPÍTULO IV- RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
4. Cálculo da Carga Requerida	28
4.1. Levantamento das cargas das casas	28
4.2. Potência mínimas para locais residenciais ou de uso profissional.....	28
4.2.1. Estimativa da potência total instalada	29
4.3. Corrente de Serviço	30
4.4. Secção do condutor.....	30
4.5. Coeficiente de Auto-Indução para armação HRFSC (Esteira Horizontal reforçada)	31
4.6. Resistência do Condutor	31
4.7. Reactância do Condutor	32
4.8. Queda de Tensão.....	32
4.9. Cálculo Mecânico.....	32
4.9.1. Forças que actuam nos condutores	32
4.10. Estado atmosférico mais desfavorável	33
4.11. Tensões mecânicas máximas.....	33
4.12. Vão crítico	34
4.13. Flecha máxima.....	34
4.14. Dimensionamento dos isoladores	34
4.15. Distância entre condutores	35
4.16. Distâncias de segurança estabelecidas	35
4.17. Para-Raios.....	36
4.18. <i>Drop- Out</i> (Fusíveis de média tensão)	37
4.19. Isoladores	37
4.20. Rede de baixa tensão	37
4.20.2. Estimativa da quantidade de Posto de Transformação	38
4.21. Dimensionamento dos equipamentos de baixa tensão.....	39

4.21.1. Cabo alimentador do quadro geral de baixa tensão	39
4.22. Selecção dos Fusíveis (APC-NH1).....	41
4.22.1. Selecção dos Disjuntores	41
4.23. Selecção dos barramentos.....	41
4.24. Sistema de ligação a terra	41
4.25. Saídas do QGBT.....	42
4.26. Especificações técnicas	43
4.26.1. Rede De Média Tensão.....	43
4.26.1.1. Cabo condutor escolhido.....	43
4.26.2. Armações.....	43
4.26.3. Apoios.....	43
4.27. Capacidade máxima de transmissão	44
4.28. Isoladores	44
4.29. Ferragens	45
4.30. Travessas	45
4.31. Pinças de amarração	45
4.32. Pinças de suspensão.....	46
4.33. Para-raios.....	46
4.34. Ligação de condutores.....	46
4.34.1. Ligadores paralelos, A-1	47
4.34.2. Ligador Bimetálico.....	47
4.35. Seccionadores de 33 kV	47
4.36. Implantação de apoio no solo	47
4.37. Distâncias dos condutores ao solo	47
4.38. Distância dos condutores aos suportes dos isoladores e aos apoios	48
4.39. Espias.....	48
4.39.1. Fixação de espias	48
4.39.2. Isolamento das espias.....	49
4.40. Vãos.....	49
4.41. Apoios de Reforço.....	49

4.42. Cabo de Guarda.....	49
4.43. Rede De Baixa Tensão.....	50
4.43.1. Situação e localização.....	50
4.43.2. Alimentação.....	50
4.43.3. Tipo de montagem.....	51
4.43.4. Estimativa de transformadores.....	51
4.43.5. Características do transformador.....	51
4.44. Quadro geral de baixa tensão.....	51
4.44.1. Saídas do QGBT.....	53
4.44.2. Terras do posto de transformação.....	53
4.44.3. Caraterísticas gerais.....	54
4.44.4. Ligação Do Lado Primaria (MT).....	54
4.44.5. Ligação Do Lado Secundário (BT).....	55
4.45. Isoladores.....	55
4.46. “Drop-outs” ou Fusíveis de média tensão.....	55
4.47. Para-raios poliméricos.....	55
4.48. Ferragens.....	56
4.49. Apoios.....	56
4.50. Quantidade de apoios.....	56
4.51. Espias.....	56
4.52. Quadro geral de distribuição em Baixa Tensão (QGBT).....	57
4.53. Segurança.....	57
4.54. Estimativa de Custo do Projecto.....	58
CAPÍTULO V- CONCLUSÃO.....	60
5.1. Conclusão.....	60

5.2. Recomendações.....	61
5.3. Bibliografia.....	62
ANEXOS	64
PEÇAS DESENHADAS (APÊNDICES).....	73

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama unifilar de sistema eléctrico de potência	11
Figura 2: Configuração radial simples.....	13
Figura 3: Rede eléctrica de configuração radial com recurso.....	14
Figura 4: Rede eléctrica de configuração radial em anel	14
Figura 5: Fluxograma do estado mais desfavorável.	21
Figura 6: Vão em patamar	23
Figura 7: Vão desnivelado	24
Figura 8: PT aéreo em pórticos M1 – vista frontal.....	52
Figura 9: Quadro de Geral de Baixa Tensão	53

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1: Valores da acção da temperatura sobre os condutores e cabos.....	19
Tabela 2: Valores da pressão dinâmica do vento	20
Tabela 3: Valores do coeficiente de forma	21
Tabela 4: Tensões máximas de serviço	22
Tabela 5: Valores da linha de fuga mínima, conforme o nível de poluição.....	24
Tabela 6: Parcelas habitacionais do bairro 7 de Setembro	28
Tabela 7: Estimativa da potência de instalada	29
Tabela 8: Estimativa da potência de instalada com aplicação de factores.....	30
Tabela 9: Densidade da corrente económica.....	30
Tabela 10: Níveis de protecção e o raio correspondente	36
Tabela 11: Cálculos de potências de PT.....	39
Tabela 12: Características do condutor ASCR-DOG	43
Tabela 13: Quantidade de transformadores	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABC	<i>Aerial Bundled Cables</i>
ACSR	<i>Aluminum Conductor steel reinforced</i>
APC	Alto Poder de Corte
AutoCAD	<i>Autodesk Computer Aided Design</i>
BT	Baixa Tensão
EDM	Electricidade de Moçambique
MT	Média Tensão
PT	Posto de Transformação
QGBT	Quadro Geral de Baixa Tensão
RSIUEE	Regulamento de Segurança de Instalações de Utilização de Energia Eléctrica
RSLEAT	Regulamento de Segurança de Linhas Eléctricas de Alta Tensão
RTIEBT	Regras Técnicas de Instalações Eléctricas de Baixa Tensão

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcento
<	Menor
$\cos\theta$	factor de potência
FS	factor de simultaneidade
FU	factor de utilização
Is	Corrente de serviço
kV	Quilovolts
m	Metro
°C	Graus centígrados
R	Resistência
V	Tensão
Ω	Ohm

EPÍGRAFE

"Mais do que Deus, o medo é que manda no mundo."

Mia Couto

“ Mulheres de Cinza - 2015 ”

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO

1. Introdução

Os transformadores de potência são peças chave nos sistemas de transmissão e distribuição de energia eléctrica, pois são responsáveis pela conversão de grandes níveis de energia. Estes são elementos centrais nas subestações de energia e também os elementos mais caros.

Segundo a (RSLEAT, 1993), considera-se PT (Posto de Transformação) um conjunto formado por um ou mais transformadores estáticos, aparelhagem de ligação e de manobra, quando a tensão secundária de todos os transformadores instalados for utilizada directamente nos receptores. Os postos de transformação têm a função de reduzir a MT (média tensão) para a BT (baixa tensão) utilizável pelo consumidor final doméstico, comercial ou pequeno industrial. Define-se transformador como sendo um dispositivo que por meio da indução electromagnética, transfere energia eléctrica de um ou mais circuitos (primário) para outro ou outros circuitos (secundário), usando a mesma frequência, mas, geralmente, com tensões e intensidades de correntes diferentes.

A energia eléctrica nos últimos anos está presente em quase todas actividades diárias, e o Bairro 7 de Setembro do distrito de Boane na província de Maputo tem apresentado um aumento demográfico e construção de novas infraestruturas, com uma expansão desordenada, causando problemas na rede de distribuição de energia eléctrica, como baixadas longas, oscilação e quedas repetitivas de energia.

Desta forma a escolha de um modo de alimentação de energia eléctrica de um determinado bairro, depende de diversos factores, entre os quais destacam-se a potência e o nível de tensão em função das cargas a alimentar, resultando na necessidade de dimensionamento de postos de transformação, de modo a garantir a fiabilidade no fornecimento de energia, por forma a tirar maior proveito, com máxima segurança.

O presente trabalho tem como objectivo o dimensionamento dos postos de transformação para a expansão da rede eléctrica do Bairro 7 de Setembro no Distrito de Boane, província de Maputo.

1.1. Delimitação do tema

O projecto de dimensionamento do Posto de Transformação tem como objectivo o melhoramento da qualidade de energia no Bairro 7 de Setembro, onde situa se no Distrito de Boane - Província de Maputo, Moçambique. Tem limites a Norte com os Bairros de Campoane, 25 de Setembro e o Posto administrativo da Matola Rio, a Este com o Distrito Municipal da Catembe, a Oeste com os Bairro Gimo e no sul com Bairro 25 de Junho (Mahubo 25) e Saldanha. O Bairro tem uma área de 1 849 816 km², dividido em trinta e um (31) Quarteirões, sendo alimentados por quatro (4) postos de transformação dos quais dois (2) de 160 kVA e outros dois (2) de 100 kVA.

1.2. Problema de investigação

O Bairro 7 de Setembro - Distrito de Boane, é composto por trinta e um (31) Quarteirões, que são alimentados por quatro (4) PT's, onde verifica-se:

- Frequentes cortes no fornecimento de energia eléctrica, principalmente nos finais do dia, independente das condições climáticas adversas como ventania e chuvas;
- Redes de distribuição de energia eléctrica monofásicas, longas e precária, isto é, interligação dos consumidores usando os mesmos cabos em paralelo;
- Lâmpadas nas ruas acesas durante o dia, sem comandos próprios para interromper a sua alimentação durante o dia;
- Falta de iluminação pública em muitos pontos do bairro;
- Postes que apresentam um perigo aos que vivem nos arredores bem como os que circulam pelos mesmos pontos devido ao seu estado de degradação;
- Um número elevado de baixadas no mesmo poste com condutores nus o que facilita um curto-circuito e propagação de incêndio;
- Ligações clandestinas que originam sobrecarga nos postos de transformação durante a noite e finais de semana;
- Oscilação dos níveis de tensão, isto é, sobre tensões e subtensões que originam danificação dos electrodomésticos dos consumidores.

1.2.1. Pergunta de pesquisa

Quais os critérios para o dimensionamento adequado dos postos de transformação para atender a expansão da rede de energia eléctrica em um bairro residencial, considerando a demanda actual e as projecções de crescimento populacional e consumo de energia?

1.2.2. Hipóteses

- **H0:** A origem da péssima qualidade de energia deve-se ao sub-dimensionamento dos PT's instalados no Bairro 7 de Setembro do Distrito de Boane, sem previa previsão da evolução da carga.
- **H0:** A origem da péssima qualidade de energia no Bairro 7 de Setembro do Distrito de Boane, deve-se: a descargas atmosféricas; a sobrecargas; a falhas no isolamento; a sobretensões na linha; a humidade; a operações inadequadas; a manutenção inapropriada.
- **H1:** A expansão da electrificação do bairro 7 de Setembro resultará em melhorias significativas na qualidade de vida dos residentes, através do acesso mais confiável e estável na energia eléctrica, promovendo um desenvolvimento econômico e social sustentável.

1.3. Objectivos

1.3.1. Geral

- Dimensionar postos de transformação para expansão da rede de energia eléctrica do Bairro 7 de Setembro no Distrito de Boane, na Província de Maputo.

1.3.2. Específicos

- Descrever conceitos sobre a rede eléctrica e postos de transformação;
- Fazer levantamento de carga existente actualmente;
- Calcular as potências dos transformadores e suas respectivas protecções;
- Fazer a estimativa do orçamento do projecto.

1.4. Justificativa para escolha do tema

A implementação deste projecto visa o melhoramento da qualidade de energia eléctrica fornecida aos moradores do bairro 7 de Setembro, tendo em conta a evolução actual da carga, visto que actualmente existe um programa municipal de reordenamento (parcelamentos) do mesmo (bairro). Onde até então tem-se verificado o alastramento de ligações clandestinas, que criam perturbações na rede que culminam com danos de

electrodomésticos dos consumidores. Espera-se minimizar os problemas existentes na rede eléctrica, acelerar o desenvolvimento do bairro e a sua expansão, resolvendo os problemas técnicos e sócio-económicos, proporcionando melhorias na qualidade de vida da população.

1.5. Descrição das características do ambiente do estudo

O bairro 7 de setembro, localiza-se no Município de Boane, Província de Maputo, em Moçambique. Este tem limites a Norte com os Bairros Campoane e 25 de Setembro e o Posto administrativo da Matola Rio, a este com o Distrito Municipal da Catembe, a oeste com o Bairro Gimo e no sul com Bairro 25 de Junho (Mahubo 25) e Saldanha. O Bairro tem uma área de 1 849 816 km², estando dividido em trinta e um (31) Quarteirões.

O clima predominante na região é sub- húmido e com deficiência de chuva na estação fria, caracterizado por alternância entre as condições, secas, induzidas pela alta pressão subcontinental e as incursões de ventos húmidos do oceano. A temperatura média anual é 23,7°C, verificando-se nos meses mais frios, que são os de Junho e Julho, e os mais quentes, Janeiro e Fevereiro. A amplitude térmica anual é de 8,8°C, a humidade relativa média anual é de 80,5%, variando de um valor máximo de 86% em Julho a um valor mínimo de 73,5% em Novembro. A pluviosidade média anual é de 752mm variando entre os valores médios de 563,6 mm para o período húmido e os 43,6 mm no período seco. O período húmido estende-se de Novembro a Março e o período seco de Abril a Outubro.

1.6. Organização do trabalho

A redacção deste trabalho será organizada em 5 (cinco) capítulos conforme a seguinte sequência:

No capítulo I (um): Composto de elementos Pré-textuais: como a introdução do trabalho, a justificativa do tema, metodologias adoptadas para o alcance dos objectivos do trabalho.

No capítulo II (dois): Composto de elementos textuais: é feita o enquadramento teórico conceitos sobre redes eléctricas, postos de transformação e etapas para o seu dimensionamento.

No capítulo III (três): Continuação dos elementos textuais: Metodologia que consiste na apresentação de um conjunto de métodos, técnicas, procedimentos e instrumentos do trabalho empírico da pesquisa.

No capítulo IV (Quatro): Continuação dos elementos textuais: consiste na apresentação, leitura, interpretação e posterior análise dos dados recolhidos sobre o número de habitações, e posterior Dimensionamento de postos de transformação, protecções para a expansão da rede eléctrica do Bairro 7 de Setembro e apresentação da estimativa de custo.

No capítulo V (Cinco): Composto de elementos Pós-textuais: é feita a apresentação das conclusões, recomendações, Bibliografia, Anexos e Peças desenhadas.

CAPÍTULO II - REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Marco conceptual

2.1.1. O sistema de energia eléctrica

O sistema de energia eléctrica é composto pela área de Produção, Transporte e Distribuição. Sendo que a energia é gerada e transportada até os consumidores por meio de uma estrutura eléctrica, usando as linhas eléctricas, que por sua vez são responsáveis por esse transporte e conexão.

2.1.2. Classificação das Redes Eléctricas

As redes eléctricas podem ser classificadas em:

a) Tensão Nominal

Refere-se à tensão para a qual a instalação foi projetada:

- **BT (Baixa Tensão);**
- **MT (Média Tensão);**
- **AT (Alta Tensão); e**
- **MAT (Muito Alta Tensão).**

b) Funcionalidade

Define o papel desempenhado pela rede no sistema eléctrico:

- **Rede de Transporte** – transmite energia em grandes distâncias;
- **Rede de Distribuição** – entrega energia aos consumidores finais;

c) Estrutura Tipológica

Relaciona-se ao modo como as redes se conectam e afectam a confiabilidade do sistema:

- **Radial** – estrutura linear, com menor confiabilidade;
- **Malhada** – interliga diversas linhas, permitindo redundância; e

- **Mista** – combinação dos dois modelos, oferecendo mais flexibilidade.
- d) Posto de transformação (PT)** - um conjunto formado por um ou mais transformadores estáticos e aparelhagem de ligação e de manobra.
- e) Critérios de dimensionamento de Transformadores** - deve-se observar os parâmetros técnicos como carga ou potência instalada, Factores de correcção de cargas, Cálculo da potência, Selecção do PT e aparelhagem de protecção.
- f) Expansão da rede eléctrica** - deve-se efectuar:
 - Levantamento de Dados e Planeamento;
 - Estudo de Viabilidade Técnica e Económica;
 - Dimensionamento da Rede;
 - Projecto e Aprovação;
 - Construção e Implementação;
 - Monitoramento e Manutenção;

2.2. Desenvolvimento Circunstâncial

O presente projecto será desenvolvido na região sul de Moçambique, na Província de Maputo, Município de Boane concretamente no bairro 7 de Setembro, que enfrenta desafios de acesso à eletricidade devido à inexistência da infraestrutura eléctrica. Atualmente, o bairro é alimentado por quatro (4) postos de transformação e alguns sistemas fotovoltaicos isolados como fontes alternativas precárias ou sequer possui acesso à energia eléctrica confiável.

O distrito de Boane está situado a margem esquerda do rio Umbeluzi, que por sua vez está dividido em dois (2) postos administrativos e quatro (4) localidades, com uma densidade populacional de 345 habitantes/km². Este por sua vez conta com dois (2) municípios, (Governo do Distrito de Boane, 2025):

- Município da vila de Boane, com uma extensão territorial de 579 km², com uma população de 105 879 habitantes, 60 995 casas, com 54 953 agregados familiares segundo o censo de 2017. É constituído por trinta e três (33) bairros distribuídos em duas (2) Localidades Municipais:
 - Localidade Municipal de Gueguegue; e
 - Localidade Municipal de Eduardo Mondlane.

- Município da Matola-Rio é constituído por cinco bairros municipais, sendo Beleluane, Djuba, Djonasse, Matola-Rio Sede e Chinonaquila.

Com o crescimento populacional e o aumento das actividades agrícolas, a demanda por electricidade tem crescido bastante naquela zona, tornando essencial a expansão da rede de energia eléctrica. O projecto visa melhorar da qualidade de vida da população local, impulsionar a economia rural e possibilitar o uso de novas tecnologias no sector produtivo. Com o reordenamento territorial do bairro 7 de Setembro, estão previstos cerca de trinta e um (31) quarteirões, subdivididos em unidade A, B, C, D, E & F, com 1614 parcelas habitacionais. Por ser uma zona as margens do rio o tipo de solo é argiloso, o que requer uma melhor técnica para a implementação do projecto no local.

O clima predominante na região é sub- húmido e com deficiência de chuva na estação fria, caracterizado por alternância entre as condições, secas, induzidas pela alta pressão subcontinental, o que requer a observância criteriosa na escolha dos materiais a aplicar no projecto.

2.3. Marco Referencial

Na elaboração deste projecto, foram observadas as disposições regulamentares de segurança em vigor e aspetos que a prática e a técnica aconselham em instalações desta natureza, nomeadamente:

2.3.1. Rede de media tensão

Considera-se:

O Regulamento de Segurança de Instalações de Utilização de Energia Eléctrica (**RSIUEE**), aprovado pelo decreto 740/74 de 26 de Dezembro, Portugal.

O Regulamento de Segurança de Linhas Eléctricas de Alta Tensão (**RSLEAT**), Edição DGE (Direcção Geral de Energia), Abril de 1993, Lisboa - Portugal.

No que diz respeito ao estabelecimento da rede de média tensão, que irá interligar com a rede existente, visando alimentar os postos de transformação dimensionados para as seis (6) unidades, e é aplicável o Regulamento de Segurança de Linhas Eléctricas de Alta Tensão (**RSLEAT**). Dado tratar-se de uma linha aérea que faz a ligação dos postos de transformação em anel, é dada a particular atenção ao capítulo III do referido

regulamento. Este capítulo, que se refere às linhas aéreas, definindo as características dos cabos, no que diz respeito ao tipo de matérias, a capacidade de aquecimento, dos condutores, resistência mecânica necessária e considerando o respectivo tempo de actuação das protecções contra contactos indirectos, culminando com a fixação dos condutores, onde deve se respeitar as distâncias de instalação e separação entre os condutores e objectos.

O Regulamento de Segurança de Subestações e Postos de Transformação e de Seccionamento (**RSSPTS**), destina-se a fixar as condições técnicas a que devem obedecer o estabelecimento e operação das subestações, postos de transformação e seccionamento, a estabelecer ou explorados em locais públicos ou particulares do continente ou ilhas adjacentes, com vista à protecção de pessoas e bens. Este regulamento divide-se em 5 capítulos. O primeiro designado “Generalidades”, define os objetivos, o campo de aplicação, as definições gerais utilizadas, as convenções de cores utilizadas nos condutores nus, e disposições gerais. O segundo capítulo “Protecções” versa acerca da protecção contra contactos com peças sob tensão, redes de terras, protecção contra sobretensões e sobreintensidades. O terceiro capítulo denominado “Quadros e aparelhos” regulamenta aspetos relacionados com normas de fabrico, acessibilidade a determinados órgãos e identificação de circuitos. O quarto capítulo “Instalações” explica sobre regras que as instalações exteriores, interiores, rurais e de ensaios de alta tensão devem observar. E por fim o último capítulo chamado “Exploração e conservação das instalações” versa acerca das inspeções periódicas a que devem ser sujeitas este tipo de instalações, bem como aspetos relacionados com a colocação e anulação de tensão numa instalação.

Para o estabelecimento desta rede de média tensão, devem ser consideradas Normas Moçambicanas e Portuguesas aplicáveis aos equipamentos incluídos neste projecto e o Manual de montagem de Linhas – (M1) da Electricidade de Moçambique, elaborada pela Direcção de Distribuição em Maputo, em Julho de 2006.

2.3.2. Rede de Baixa tensão

RSRDEEBT (Regulamento de Segurança de Redes de Distribuição de Energia Eléctrica em Baixa Tensão), aprovado pelo decreto nº 67/2011 de 21 de Dezembro, Moçambique.

No que diz respeito ao estabelecimento da rede de distribuição de energia, o projeto foi idealizado no estrito cumprimento do Regulamento de Segurança de Redes de distribuição de Energia Elétrica em Baixa Tensão (RSRDEEBT). Todo o regulamento encerra aspetos importantes no desenvolvimento de uma rede de distribuição. Como este projecto, trata-se de uma rede aérea, é dada maior atenção a alguns capítulos, nomeadamente o “Capítulo IV – Redes de distribuição aéreas”, onde são postuladas recomendações quanto à secção mínima dos condutores e suas condições de estabelecimento, apoios, espigas e escoras. No “Capítulo VI – Quadros (armários, caixas e portinholas)” são explanadas as características e localização dos armários e portinholas. O “Capítulo VII – Instalações de iluminação pública” aclara aspetos relacionados com as características das colunas (postes) e braços de candeeiros, sua electrificação e ligação à terra, bem como relativamente aos circuitos de iluminação pública e secção recomendada. Quanto ao “Capítulo XI – Travessias, cruzamentos e vizinhanças nas redes de distribuição subterrâneas”, é de notar que no mesmo estão definidas as condições de enterramento dos cabos aquando das travessias ou cruzamentos, quer sejam em autoestradas, ruas e caminhos, linhas de alta tensão subterrânea, cabos de telecomunicações ou canalizações de água, gás ou esgoto. O “Capítulo XIII – Protecção das instalações” é preponderante e indica orientações quanto à protecção contra sobretensões e sobreintensidades. Não menos relevante é o “Capítulo XIV – Protecção das pessoas e ligações à terra” onde estão contidos os aspetos relacionados com as ligações à terra e protecção contra contactos indirectos.

Para o estabelecimento desta rede, devem ser consideradas Normas Moçambicanas e Portuguesas aplicáveis aos equipamentos incluídos neste projecto, bem como as recomendações técnicas da CENELEC (Comité Europeu de Normalização Electrotécnica), CEI/IEC (Comissão Electrotécnica Internacional) e outra regulamentação aplicável, de acordo com as directivas estabelecidas e das boas normas de execução e arte; incluindo as Regras técnicas de instalações eléctricas de baixa tensão na Parte 5/Secção 51, na edição de 2000, do Ministério de economia, na Direcção Geral da Energia em Portugal.

2.4. Marco teórico

2.4.1. Sistema Eléctrico De Potência

Segundo Gonçalves (2011), um sistema eléctrico parte de um ponto de geração, onde determinada forma de energia é transformada em electricidade ou energia eléctrica. Após isso segue-se a fase primária da transmissão, e em seguida a secundária, sendo que a mesma é dada por meio de linhas de transmissão em alta-tensão. Depois a transmissão ocorre a distribuição aos consumidores, sendo que a mesma também é feita em dois estágios.

A distribuição primária é feita em média tensão até o transformador de distribuição. Do transformador de distribuição começa a distribuição secundária, em baixa tensão, a que alimenta os diversos pontos de entrega (carga), (Gonçalves, 2011).

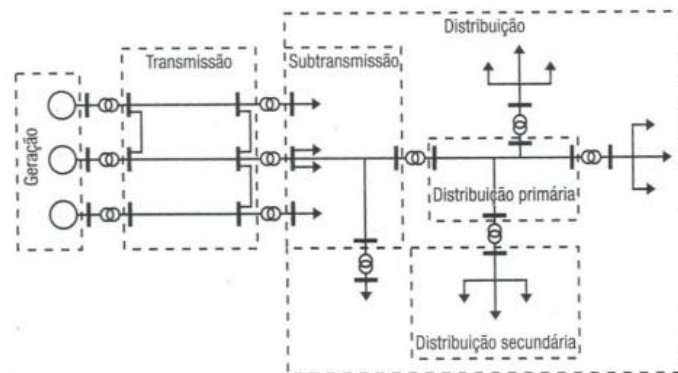


Figura 1: Diagrama unifilar de sistema eléctrico de potência

Fonte: (UNESP, S.d)

A passagem de um nível de tensão para outro, bem como a manutenção de nível para compensar as perdas, são processos realizados em instalações apropriadas, as subestações.

As subestações de distribuição são geralmente abaixadoras, recebendo energia em alta tensão e com base em transformadores abaixam a níveis desejado pelos consumidores.

A distribuição primária é feita através de uma rede de alimentação primária. A distribuição secundária é feita através de redes de alimentação secundária, e são estas as redes que alimentam os consumidores espalhados pelos centros urbanos e rurais.

2.4.2. Rede de distribuição eléctrica

Rede de distribuição de energia eléctrica em Baixa Tensão, ou simplesmente, rede de distribuição é uma instalação eléctrica de Baixa Tensão destinada à 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, (RSRDEEBT, Decreto n.º 67/2011).

Estes 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.

Quanto ao tipo construtivo as redes de BT, podem ser aéreas ou subterrâneas. As redes aéreas são utilizadas em zonas rurais e semiurbanas, enquanto as redes subterrâneas são usadas em zonas urbanas.

Sendo normalmente constituídas por cinco (5) condutores, onde quatro (4) destinam-se à distribuição de energia e o quinto condutor, de secção mais reduzida em relação aos restantes, é reservado à iluminação pública.

Segundo (RSRDEEBT, Decreto n.º 67/2011) na alínea w), a Linha de Baixa Tensão é linha eléctrica em que o valor eficaz ou o valor constante da tensão nominal não excede os valores seguintes:

- a) 1000 V: em corrente alternada;
- b) 1500 V: em corrente contínua.

Os valores típicos para as redes de baixa tensão em Moçambique são 380/220 V, alternada (trifásica e monofásica, respetivamente), como estabelecido o número cinco (5) do artigo três (3) do RSRDEEBT.

2.4.3. Classificação das redes eléctricas

As redes eléctricas classificam-se quanto:

- A configuração do sistema;
- Ao tipo de tensão ou corrente;
- Ao destino do sistema;

- A disposição na área.

2.4.4. Quanto a configuração do sistema

Quanto a configuração do sistema as redes são:

- Rede radial simples;
- Rede anelar;
- Rede complexa ou malhada.

a) Rede radial simples

É constituída por várias redes de distribuição, tendo em conta que a qualidade de serviço é fraca.

- Vantagem da rede radial: É mais económica para ser estabelecida.
- Desvantagens da rede radial: Tem uma fraca continuidade de serviço em caso de avaria.

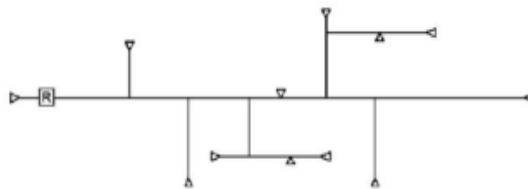


Figura 2: Configuração radial simples

Fonte: (ELEKTRO, 2002)

i. Radial com recurso

A configuração radial com recurso é usada em áreas que existem maiores densidades de carga ou requerem maior grau de confiabilidade devido às suas particularidades. (ELEKTRO, 2002)

• Características

- Existência de interligações normalmente abertas, entre alimentadores adjacentes da mesma ou de diferentes subestações;
- Deve ser projectado de forma a existir uma certa reserva de capacidade em cada circuito, para a absorção de carga de outro circuito em caso de um defeito;
- Diminuição do número de clientes interrompidos por defeitos e diminuir o tempo de interrupção em relação ao sistema de configuração radial simples.

É normal instalar-se num mesmo circuito ou entre circuitos diferentes, chaves normalmente abertas (NA) – pontos de abertura que podem ser fechadas em caso de manobras de transferência de carga.

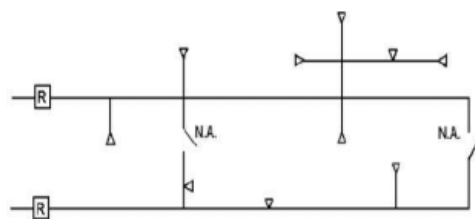


Figura 3: Rede eléctrica de configuração radial com recurso

Fonte: (ELEKTRO, 2002)

b) Rede anel

Esta configuração é utilizada para fornecer energia eléctrica a grandes centros populacionais e é uma rede fechada que rodeia toda a zona de carga. Este tipo de configuração oferece um serviço de alta qualidade e as interrupções na própria rede ficam praticamente reduzidas juntamente com às avarias nas subestações de transformação.

- Vantagens da rede anelar: Em caso de avaria nos barramentos de média tensão, será possível efectuar uma manobra no tal transformador para repor a alimentação.
- Desvantagem da rede anelar: É mais dispendioso ou cara em relação ao sistema radial

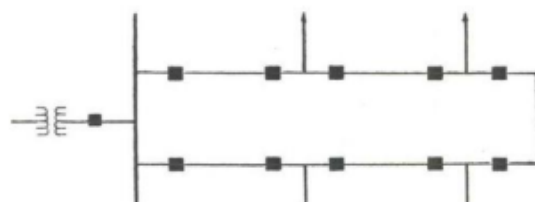


Figura 4: Rede eléctrica de configuração radial em anel

Fonte: (UNESP, S.d)

c) Rede complexa ou malhada

Esta rede consiste na junção dos dois tipos descritos à cima, e, portanto, é uma rede mais complexa. A sua principal característica é oferecer um serviço bastante seguro e

de grande qualidade, embora que, do ponto de vista das protecções, este seja muito complexo.

- Vantagem da rede malhada ou complexa: possui uma excelente continuidade de serviço.
- Desvantagem da rede malhada ou complexa: é mais dispendioso.

2.4.5. Cálculo da Carga instalada

É o somatório das potências nominais (em kW) dos equipamentos de uma unidade de consumo que, uma vez concluídos os trabalhos de instalação, estão em condições de entrar em funcionamento.

Potência aparente será:

$$S_{instalada} = \frac{P_{instalada}}{\cos\phi} \quad [1]$$

2.4.6. Cabo alimentador

i. Corrente de serviço ou nominal

$$I_s = \frac{S_{nominal\ Transformador}}{\sqrt{3} \times U_L} \quad [2]$$

ii. Corrente fictícia

Para uma boa escolha da secção do cabo alimentador e dos órgãos de protecção, deve se ter em conta a corrente fictícia.

$$I_{fict} = \frac{I_s}{\beta \times \gamma} \quad [3]$$

iii. Corrente máxima admissível e secção nominal do cabo

A corrente máxima admissível e a secção do cabo são escolhidas com base na corrente fictícia.

$$I_{max} \geq I_{fict} \quad [4]$$

iv. Corrente nominal de protecção

A corrente nominal é escolhida com base na corrente de serviço, isto é, deve ser maior ou igual a corrente de serviço.

$$I_{np} \geq I_s \quad [5]$$

v. Intensidade de corrente máxima admissível na canalização

A intensidade de corrente máxima admissível na canalização, é dada pelo produto dos factores de correcção e a corrente máxima.

$$I_z = \beta \times \gamma \times I_{max} \quad [6]$$

Para uma canalização funcionar eficientemente, a corrente de serviço tem que ser menor ou igual a corrente nominal de protecção e esta por sua vez tem que ser menor ou igual a intensidade de corrente máxima admissível na canalização e por sua vez esta tem que ser menor ou igual a corrente de não fusão e esta tem que ser menor ou igual a 1.45 intensidade máxima admissível na canalização.

A intensidade de corrente máxima admissível na canalização:

$$I_s \geq I_{fict} \geq I_z \quad [7]$$

$$I_{nf} \geq 1,45 I_z \quad [8]$$

vi. Resistência do cabo a montante do transformador

$$R_m = \rho \times \frac{l}{S_n} \quad [9]$$

vii. Resistência do cabo a jusante transformador a 20°C

$$R_C = \frac{2 \times r_{C 20^0c} \times l}{1000} \quad [10]$$

viii. Correção do cabo a jusante do transformador devido a temperatura

$$R_C = R_{C 20^0c} \times [1 + \alpha(t_f - t_i)] \quad [11]$$

ix. Resistência total do cabo:

$$R_{tc} = R_m + R_C \quad [12]$$

x. Corrente de curto-circuito

$$I_{cc} = \frac{U_l}{R_{tc}} \quad [13]$$

xi. Tempo de actuação do órgão de protecção

$$\sqrt{t} = \left(K \times \frac{S}{I_{cc}} \right) \quad [14]$$

xii. Queda de tensão percentual

$$\Delta U = \Delta U \left[\frac{V}{A \cdot Km} \right] \times l \times I_n \quad [15]$$

$$\Delta U\% = \frac{\Delta V}{V} \times 100\% \quad [16]$$

2.4.7. Dimensionamento da linha de média tensão

O objectivo do cálculo eléctrico é a determinação da corrente nominal e quedas de tensão, de modo a assegurar que as limitações técnicas dos condutores não são ultrapassadas. (RSLEAT, 1993)

No cálculo eléctrico são consideradas várias simplificações: (D.G.E., 1986)

- Admitância da linha nula;
- A queda de tensão na linha resulta, apenas da soma da queda de tensão provocada na resistência da linha, pela componente activa da corrente, com a queda de tensão provocada na reactância da linha pela componente reactiva da corrente;
- A tensão no início da linha é considerada igual à sua tensão nominal.

2.4.8. Corrente de Serviço

A expressão (17) permite determinar o valor da corrente de serviço em amperes que circula nos condutores da linha. S é a potência aparente em kVA, U_n a tensão composta em kV e $\cos\phi$ é o factor de potência. (Gonçalves, 2011)

$$I_s = \frac{S}{U_n \cdot \sqrt{3} \cdot \cos\phi} \quad [17]$$

2.4.9. Coeficiente de Auto-Indução

O coeficiente de auto-indução, L , em H/km é dado pela expressão (18), em que r é o raio do condutor em metros e dmg é a distância média geométrica entre os condutores, em metros. (Gonçalves, 2011)

$$L = \left[0,5 + 2 \cdot \ln \left(\frac{dmg}{r} \right) \right] \cdot 10^{-4} \quad [18]$$

A expressão (19) permite calcular a distância média geométrica em que d_{12} , d_{23} e d_{13} são as distâncias entre os condutores em metros, (Gonçalves, 2011).

$$dmg = \sqrt[3]{d_{12} \cdot d_{23} \cdot d_{13}} \quad [19]$$

2.4.10. Resistência do Condutor

A resistência do condutor em Ω é calculada através da expressão (20), em que ρ é a resistividade do condutor em $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ a 20°C , l é o comprimento do trecho da linha em metros e s é a secção do condutor em mm^2 . (Gonçalves, 2011)

$$R = \frac{\rho \cdot l}{s} \quad [20]$$

2.4.11. Reactância do Condutor

A reactância do condutor em Ω/km é calculada pela expressão (21), em que f é a frequência da rede em Hz (no nosso caso 50Hz) e L o coeficiente de auto-indução em H/km. (Gonçalves, 2011)

$$X = \omega \cdot L = 2\pi \cdot f \cdot L \quad [21]$$

2.4.12. Queda de Tensão

Através da expressão (22) pode ser calculada a queda de tensão, em que I_S é a corrente de serviço em ampere, R é a resistência do condutor em Ω , X a reactância, em Ω/km e φ o factor de potência. (Gonçalves, 2011)

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I_S \cdot (R \cdot \cos\varphi + X \cdot \sin\varphi) \quad [22]$$

2.4.13. Cálculo Mecânico

O cálculo mecânico é fundamental para assegurar a estabilidade das linhas aéreas de transmissão de energia, bem como as condições e distâncias de segurança. (Gonçalves, 2011)

Este tem como objectivos:

- Cálculo das forças actuantes nos condutores;
- Cálculo das tensões de montagem;
- Cálculo da flecha máxima;
- Dimensionamento de isoladores;
- Dimensionamento dos apoios; e
- Determinação das distâncias entre condutores e de condutores a objectos;

2.4.14. Acção da temperatura e estados atmosféricos

No projecto de uma linha aérea deve se ter em conta a acção dos agentes atmosféricos. Estão definidos três estados atmosféricos típicos: (Gonçalves, 2011)

- **Inverno:** Caracteriza-se pela temperatura mais baixa previsível, vento reduzido e

pela hipótese de formação de manga de gelo;

- **Primavera:** É caracterizado por uma temperatura média, vento máximo e ausência

de gelo;

- **Verão:** Caracteriza-se pela ausência de vento e temperatura máxima. Neste estado

verifica-se a flecha máxima.

Os valores de temperatura para os vários estados atmosféricos, considerados no cálculo mecânico, estão presentes na tabela 1.

Tabela 1: Valores da acção da temperatura sobre os condutores e cabos

Inverno	-5°C, sem gelo -10°C, com gelo
Primavera	15°C
Verão	50°C, $Un \leq 40kV$ 65°C, $40kV \leq Un \leq 100kV$ 75°C, $Un > 100kV$

Fonte: (Gonçalves, 2011)

2.4.15. Forças que actuam nos condutores

As principais forças actuantes num condutor são o seu próprio peso, a força do vento e o peso do gelo, caso seja uma zona propensa a acumulação de gelo nos condutores.

O vento deve ser considerado actuando numa direcção horizontal e a força resultante da sua acção será considerada paralela à referida direcção e pode ser calculada pela expressão (23). (Gonçalves, 2011)

$$F_V = \frac{\alpha \cdot q \cdot c \cdot d}{10} \quad [23]$$

Em que F_V vem em daN/m, α é o coeficiente de redução, igual a 0,6 nos condutores e cabos de guarda e igual a 1 nos apoios, travessas e isoladores. Os valores da pressão dinâmica do vento, q , em função da altura ao solo a que se encontra o elemento da linha sobre o qual se pretende calcular a acção do vento, são mostrados na tabela 2. Onde d é o diâmetro dos cabos [m]; α é o Coeficiente de redução. Para determinação do estado mais desfavorável, terá de ser calculada a força do vento com vento máximo habitual (estado de primavera) e com vento reduzido (estado de inverno). (Gonçalves, 2011)

Tabela 2: Valores da pressão dinâmica do vento

Altura acima do solo (m)	Pressão dinâmica (Pa)	
	Vento máximo habitual	Vento reduzido
Até 30	750	300
De 30 a 50	900	360
Acima de 50	1050	420

Fonte: (Gonçalves, 2011)

Para os elementos da linha que estiverem a uma altura ao solo superior a 100 m, deve fazer-se um estudo especial para o cálculo da acção do vento. (Gonçalves, 2011)

A incógnita c é o coeficiente de forma cujos valores para os condutores, cabos de guarda e isoladores são mostrados na tabela 3, em função do diâmetro.

A incógnita d é o diâmetro do condutor em metros.

Tabela 3: Valores do coeficiente de forma

	Diâmetro (mm)	Coefficiente de forma
Condutores nus e cabos de guarda	Até 12,5	1,2
	Acima de 12,5 e até 15,8	1,1
	Acima de 15,8	1,0
Cabos isolados em feixe	-	1,3
Cabos suportados e cabos tipo 8	-	1,8
Isoladores	-	1,0

Fonte: (Gonçalves, 2011)

A força resultante, das que actuam no condutor é dada pela expressão (24), em daN/m, em que F_C é o peso do condutor em daN/m. Com o objectivo da determinação do estado mais desfavorável, é calculada a força resultante para a força do vento no estado de inverno e primavera. (Gonçalves, 2011)

$$F_R = \sqrt{(F_C + F_G)^2 + F_V^2} \quad [24]$$

No caso de ser uma zona de gelo, é calculado o peso do gelo, F_G , no condutor em daN/m através de expressão (25), em que l é o comprimento do condutor e $0,9\text{daN/dm}^3$ é a densidade considerada para o gelo. (Gonçalves, 2011)

$$F_G = \frac{0,9 \cdot V_G}{l} \quad [25]$$

2.4.16. Estado atmosférico mais desfavorável

Através do fluxograma da Figura 5, define-se qual o estado mais desfavorável, em que m_1 corresponde ao estado de inverno e m_2 corresponde ao estado de primavera. L corresponde ao comprimento do vão e L_{cr} é o vão crítico. (Gonçalves, 2011)

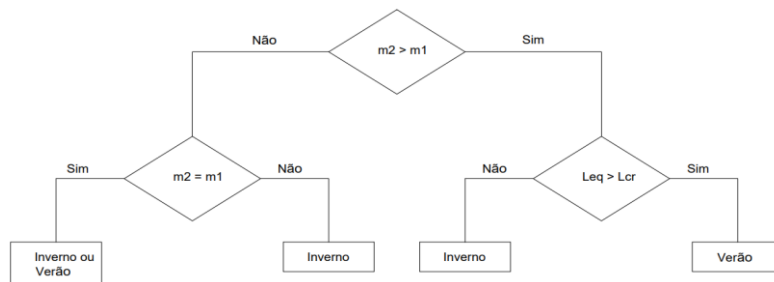


Figura 5: Fluxograma do estado mais desfavorável.

Fonte: (Antunes, 2012)

No caso de $m_1 < m_2$, será calculado o vão crítico, L_{cr} , dado pela expressão (26), em que s é a secção do condutor em mm^2 , t_{max} é a tensão máxima de serviço do condutor em daN/mm^2 , ω é o peso específico linear do condutor em daN/m , αd é o coeficiente de dilatação linear do condutor em $^\circ\text{C}^{-1}$, θ_1 e θ_2 são as temperaturas, respectivamente do estado de inverno e verão e, m_1 e m_2 os coeficientes de sobrecarga no estado de inverno e verão, respectivamente. (Gonçalves, 2011)

$$L_{cr} = \frac{S \times t_{max}}{\omega} \times \sqrt{\frac{24 \times \alpha \times (\theta_2 - \theta_1)}{m_2^2 - m_1^2}} \quad [m] \quad [26]$$

Onde:

- S - Secção do condutor [mm^2];
- t_{max} - Tensão máxima de serviço [daN/mm^2],
- p - Peso condutor [kgf/m];
- α - Coeficiente de dilatação do condutor em $^\circ\text{C}^{-1}$;
- θ_2 e θ_1 - São as temperaturas do estado de inverno e de verão respectivamente;
- m_1 e m_2 - São os coeficientes de sobrecarga no estado de inverno e primavera, respectivamente.

Tabela 4: Tensões máximas de serviço

Tipo de Condutor	Secção Nominal (mm^2)	Tensões máximas de serviço (daN/mm^2)
Cobre	16	12-14
	30	8-9-10
Alumínio-Aço	50	7-8-9-10
	90	7-8-9
	160	7-8-9
Ligas de alumínio	20	8-9-10
	35	8-9-10
	55	8-9-10
	75	8-9-10

Fonte: (Gonçalves, 2011)

Por vezes, devido ao vão ser demasiado curto, a tensão pode ser inferior a estes valores, sendo usada tracção reduzida, para evitar quebra do condutor ou danos no apoio. (Gonçalves, 2011)

2.4.17. Equação dos estados atmosféricos

O objectivo da equação de estados é a determinação da tensão de montagem a aplicar aos condutores em um dado vão. A tensão de montagem é a tensão mecânica que assegura que, qualquer que seja a condição meteorológica como o vento, o gelo e a temperatura, no momento da montagem da linha, a tensão máxima dos condutores não é ultrapassada. (In Ordem dos Engenheiros , 2012)

Para o cálculo da tensão de tracção são consideradas $\theta_1 = 50\text{ }^\circ\text{C}$ e $m_1 = 1$ que representam o estado do verão. As condições atmosféricas da zona em estudo apresentam duas épocas sendo época do verão e inverno.

$$\theta_1 + \frac{t_1}{\alpha \times E} - \frac{m_1^2 \times \omega^2 \times L_{eq}^2}{24 \times \alpha \times S^2 \times t_1^2} = \theta_i + \frac{T_{max}}{\alpha \times E} - \frac{m_i^2 \times \omega^2 \times L_{eq}^2}{24 \times \alpha \times S^2 \times T_{max}^2} \quad [27]$$

$$T_m = t_1 \times S_c \quad [28]$$

2.4.18. Flecha máxima

A flecha de um condutor entre dois apoios depende, principalmente, da sua temperatura, da tensão máxima de serviço e da velocidade do vento. A flecha máxima é calculada através da expressão (29), para vãos em patamar, em que m_k é o coeficiente de sobrecarga, para o estado de verão, ω é o peso específico linear do condutor, em daN/m, l o comprimento do vão horizontal em metros, s a secção do condutor em mm^2 e t_{mk} a tensão de montagem em daN/ mm^2 . Para vãos em desnível, a expressão usada é a (30), em que l_l é o comprimento do vão desnivelado. (Gonçalves, 2011)

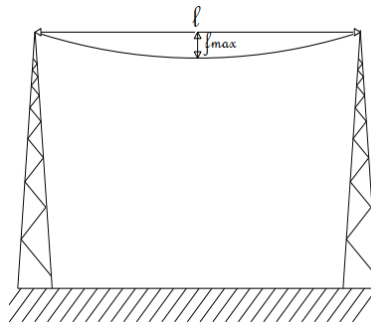


Figura 6: Vão em patamar

Fonte: (RSLEAT, 1993)

$$f_{max} = \frac{m_k \cdot \omega \cdot l^2}{8 \cdot s \cdot t_{mk}} [m] \quad [29]$$

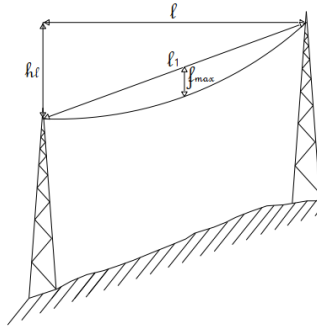


Figura 7: Vão desnivelado

Fonte: (RSLEAT, 1993)

$$f_{max} = \frac{m_k \cdot \omega \cdot l_1 \cdot l}{8 \cdot s \cdot t_{mk}} [m] \quad [30]$$

A profundidade de enterramento, h_e , em metros, não deverá ser inferior à dada pela expressão (31), em que H em metros é a altura total do apoio. (Gonçalves, 2011)

$$h_e = 0,1 \cdot H + 0,5 \quad [31]$$

Para postes com altura total superior a 15 m admitem-se profundidades de enterramento menores que as dadas pela expressão (31), nunca inferiores a 2 m, desde que seja convenientemente justificada a estabilidade do poste.

2.4.19. Dimensionamento dos isoladores

Para o dimensionamento dos isoladores é necessário calcular a linha de fuga mínima a utilizar e verificar que não ultrapassem a carga de rotura mecânica especificada. O comprimento da linha de fuga de um isolador encontra-se indicado na tabela das suas características electromecânicas. Na tabela 2.5 encontram-se os valores da linha de fuga mínima regulamentar, conforme o nível de poluição. (Gonçalves, 2011)

Tabela 5: Valores da linha de fuga mínima, conforme o nível de poluição

Nível de poluição	Linha de fuga específica mínima em mm/kV
Fraca	16
Média	20
Forte	25
Muito Forte	31

Fonte: (Gonçalves, 2011)

O valor da linha de fuga mínima, L_f em mm, a utilizar é calculado pela expressão (32), em que L_{fe} é a linha de fuga específica em mm/kV e U_n a tensão nominal em kV. (Gonçalves, 2011)

$$L_f = L_{fe} \cdot U_n \quad [32]$$

Os isoladores de cadeia devem apresentar forças de roptura electromecânica mínima superior a 2,5 vezes a solicitação mecânica máxima a que estarão sujeitos pelos condutores. Estes isoladores podem ser agrupados em grupos de 2 (isolamento simples) ou 3 (isolamento reforçado), de acordo com recomendações da EDM, podendo incluir ou não hastes de descarga, que têm como objectivo evitar a formação do efeito de coroa. A quantidade de isoladores (saias) depende do nível de tensão eléctrica, poluição local, existência de edifícios de habitação, ou outros obstáculos por baixo da linha, e função do apoio, (Gonçalves, 2011). Para isoladores rígidos, a força de roptura mínima à flexão não deve ser inferior a 2,5 vezes a solicitação mecânica máxima a que estarão sujeitos pelos condutores, (Gonçalves, 2011). A solicitação mecânica máxima, ou tracção total no vão é dada pela expressão (33), em que S é a secção do condutor, em mm² e t_{max} a tracção máxima em daN/mm². (Gonçalves, 2011)

$$T_i = t_{max} \cdot S \quad [33]$$

CAPÍTULO III: METODOLOGIA

3. Metodologia

Para o alcance destes objectivos, propõe-se a pesquisa: (Marconi, M. D., & Lakatos, E. M., 2003)

3.1. Quanto ao tipo de pesquisa

Para o presente trabalho será feita a combinação dos três métodos utilizados na pesquisa de campo.

- **Quantitativo-Qualitativo-Descritivo:** Consistirá no uso técnicas de colecta de dados, que podem ser: entrevistas, questionários, sobre a potência instalada e a evolução de carga para o dimensionamento dos PT's e seus elementos de protecção.

3.2. Quanto à natureza

- **Aplicada:** consistirá na geração de conhecimentos para o dimensionamento de postos de transformação com as suas protecções para o Bairro 7 de Setembro.

3.3. Quanto à abordagem

- **Quantitativa:** será feita uma análise e aquisição dos dados de habitações tendo em vista o dimensionamento de postos de transformação com as suas protecções para o Bairro 7 de Setembro.

3.4. Quanto aos procedimentos

- **Pesquisa bibliográfica:** será feita uma busca em materiais, como livros, relatórios e artigos científicos com vista a satisfazer os objectivos da pesquisa.
- **Levantamento:** será feita o levantamento que consiste em um questionamento directo as pessoas relevantes ao objecto de pesquisa, para fins de colecta dos dados.
- **Estudo de caso:** consiste em explorar e descrever a situação real do carregamento do PT existente, estimativa das habitações existentes para o dimensionamento de postos de transformação e suas protecções para o bairro, formulando hipóteses, desenvolver teorias e explicar variáveis.

3.5. População

- Dimensionamento de Postos de transformação para Bairro 7 de Setembro no Distrito de Boane na Província de Maputo.

3.6. Amostra

Dimensionamento de Postos de transformação para seis (6) Unidades (A, B, C, D, E & F) pertencentes ao Bairro 7 de Setembro.

Este tem como objectivo garantir o fornecimento contínuo e seguro de energia eléctrica no bairro, assegurando a eficiência do sistema, a longevidade dos equipamentos e o atendimento às normas técnicas estabelecidas pela concessionária de energia EDM, EP e Regulamentos vigentes em Moçambique. O estudo vai considerar as potências mínimas instaladas em cada casa das Unidades (A, B, C, D, E & F), considerando os consumos típicos de 3,3 kVA, os factores de simultaneidade e os factores de reserva de carga para as possíveis expansões futuras. Com base nesses dados, será definida a potência total requerida, o número e a capacidade dos transformadores, bem como a distribuição adequada das cargas entre eles. Serão também avaliadas as condições do local para a instalação dos postos de transformação, considerando aspectos como acessibilidade, segurança, ventilação e facilidade de manutenção. Além disso, será elaborado um esboço do esquema eléctrico, com a definição dos principais componentes, incluindo dispositivos de protecção, seccionamento, aterramento e medições.

A conclusão do estudo fornecerá uma proposta técnica completa para a implantação dos postos de transformação, garantindo a resposta às necessidades energéticas das 1614 casas do Bairro 7 de Setembro (nas unidades A, B, C, D, E & F), com foco na fiabilidade energética.

3.7. Estratégias de recolha de dados

- **Recolha de dados:** deve-se colectar os dados sobre a quantidade de residências nos quarteirões, estimativa de consumo por residência ou estimativa da potência a contratar, dados da situação actual do PT instalado no bairro 7 de Setembro.

CAPÍTULO IV- RESULTADOS E DISCUSSÃO

4. Cálculo da Carga Requerida

4.1. Levantamento das cargas das casas

Segundo o ponto 803.2.4.3.2 na alínea "a" no quadro 803A do Regulamento Técnico de Instalações Eléctricas de Baixa Tensão (RTIEBT), parte 5/secção 51, recomenda os Factores de simultaneidade para locais de habitação:

Factor de simultaneidade de 0,65 e será considerado um factor de utilização de 0,8.

Para o presente projecto, os outros locais, que fazem parte das diversas parcelas do bairro, como: Bomba de Combustível, agência bancaria, Sistemas de Abastecimento de Água, Corpo de Salvação Pública, Reserva do Estado, Seleiro, Mercado, Área de Produção Agrícola; são cargas cuja previsão para a sua alimentação foi feita com o sobredimensionamento da linha de média tensão, por se tratarem de cargas de alimentação em média tensão e de forma independente com postos de transformação próprio.

E as casas serão consideradas como instalações monofásicas. Em Moçambique considera-se uma potência monofásica de 3,3 kVA. Considerando que a média das casas é do tipo dois (2) (dois quartos, duas salas e uma casa de banho) tem-se:

$$S_{Total} = 1.25 \times S_{7 \text{ de Setembro}} \quad [34]$$

Sendo considerado um factor de evolução de carga de 1,25.

Tabela 6: Parcelas habitacionais do bairro 7 de Setembro

Unidades	Quarteirões	Parcelas habitacionais
a	05	256
b	05	270
c	05	277
d	05	246
e	06	308
f	05	257
Total	31	1614

Fonte: (Autor)

4.2. Potência mínimas para locais residenciais ou de uso profissional

Segundo o Art. 435.º do (RSIUEE, DECRETO-LEI N.º 740/74) a Potência mínima a considerar no dimensionamento das instalações de utilização:

Nº 1. As instalações de utilização a estabelecer em locais residenciais ou de uso profissional não deverão ser dimensionadas para potências inferiores às seguintes:

- a) Locais destinados a habitação particular ou de uso profissional com habitação anexa:

- i. Até seis divisões principais: 6,6 kVA; e para mais de seis divisões principais: 6,6 kVA+30 VA/m² de cada divisão principal a mais;

- Locais de uso profissional sem anexo: 30 VA/m², com o mínimo de 3,3 kVA.

4.2.1. Estimativa da potência total instalada

$$S_{\text{Parcelas Residenciais}} = S_{\text{Tipo 2}} \times (\sum n^{\circ} \text{casas}) \quad [35]$$

Considerando a evolução de carga em 25 porcentos

$$S_{\text{Parcelas Residenciais}} = 1,25 \times S_{7 \text{ de Setembro}} \quad [36]$$

$$S_{\text{Parcelas Residenciais real}} = S_{\text{Parcelas Res.}} \times f_{\text{simultaneidade}} \times f_{\text{utilização}} \times f_{\text{Evolução}} \quad [37]$$

Tabela 7: Estimativa da potência instalada

Tipo de parcelas	Unidade						Total	Estimativa Potência por parcela (kVA)
	A	B	C	D	E	F		
Parcelas Residenciais	256	270	277	246	308	257	1614	3,30
Papelaria					1		1	3,30
Parque Infantil				1			1	9,90
Creche	1	1					2	9,90
Centro de Saúde		1					1	9,90
Igreja		1			1		2	3,30
Posto policial			1				1	3,30
Jardim e Praça			1				1	3,30
Jardim Botânico		1					1	3,30
Estaleiro					1		1	9,90
Of. de Reparações		1			1		2	9,90
Pastelaria		1	1				2	9,90
Car Wash				1		1	2	3,30
Barbearia				1		1	2	3,30
Carpintaria e Serrilharias				1			1	9,90
Serviços Administrativos					1		1	9,90
EPC					1		1	9,90
ESG			1				1	9,90
Biblioteca						1	1	3,30
Farmácia			1				1	3,30
Campo de Futebol				1			1	9,90
S_{Total}	257	276	282	251	314	260	1640	

Fonte: (Autor)

Tabela 8: Estimativa da potência de instalada com aplicação de factores

Tipo de parcelas	Total Da Potência Estimada KVA	fec	fu	fs	Sreal
Parcelas Residenciais	5 326,20	1,25	0,80	0,65	3 462,03
Papelaria	3,3	1,25	0,80	0,65	2,15
Parque Infantil	9,9	1,25	0,80	0,65	6,44
Creche	19,8	1,25	0,80	0,65	12,87
Centro de Saúde	9,9	1,25	0,80	0,65	6,44
Igreja	6,6	1,25	0,80	0,65	4,29
Campo Polivalente	0	1,25	0,80	0,65	-
Posto policial	3,3	1,25	0,80	0,65	2,15
Jardim e Praça	3,3	1,25	0,80	0,65	2,15
Jardim Botânico	3,3	1,25	0,80	0,65	2,15
Estaleiro	9,9	1,25	0,80	0,65	6,44
Oficina de Reparações	19,8	1,25	0,80	0,65	12,87
Padaria e Pastelaria	19,8	1,25	0,80	0,65	12,87
<i>Car Wash</i>	6,6	1,25	0,80	0,65	4,29
Barbearia	6,6	1,25	0,80	0,65	4,29
Carpintaria e Serralharias	9,9	1,25	0,80	0,65	6,44
Serviços Administrativos	9,9	1,25	0,80	0,65	6,44
EPC	9,9	1,25	0,80	0,65	6,44
ESG	9,9	1,25	0,80	0,65	6,44
Biblioteca	3,3	1,25	0,80	0,65	2,15
Farmácia	3,3	1,25	0,80	0,65	2,15
Campo de Futebol	9,9	1,25	0,80	0,65	6,44
S_{Total}					3577,86

Fonte: (Autor)

4.3. Corrente de Serviço

$$I_s = \frac{S_{total}}{U_n \cdot \sqrt{3}} \quad [38]$$

$$I_s = \frac{3577,86}{33 \cdot \sqrt{3}} = 62,6 \text{ A}$$

4.4. Secção do condutor

$$S_{económica} = \frac{I_n}{\varepsilon} \quad [39]$$

Tabela 9: Densidade da corrente económica

Condutores	Valor da ε para linha de segunda classe
Nus de cobre	1,9
Nus de alumínio-aço	0,9

Fonte: (Antunes, 2012)

$$S_{econ\u00f3mica} = \frac{62,6}{0,9} = 69,6 \text{ mm}^2$$

Para o valor de corrente obtido, o condutor adequado poderia ser o de alum\u00ednio-a\u00e7o com refer\u00eancia ACSR- DOG 118,6 mm² de sec\u00e7\u00e3o, foi sobredimensionado para proporcionar uma grande margem de seguran\u00e7a. (SOLIDAL, 2007), (Anexo 9)

4.5. Coeficiente de Auto-Indu\u00e7\u00e3o para arma\u00e7\u00e3o HRFSC (Esteira Horizontal refor\u00e7ada)

$$dmg = \sqrt[3]{0,885 \cdot 0,885 \cdot 1,77} = 1,115 \text{ m} \quad [40]$$

$$r' = 0,0071 \text{ m} \rightarrow 0,0000071 \text{ Km}$$

$$D = 0,0142 \text{ m} \rightarrow 0,0000142 \text{ Km}$$

$$L = \left[0,5 + 2 \cdot \ln\left(\frac{dmg}{r}\right) \right] \cdot 10^{-4} \quad [41]$$

$$L = \left[0,5 + 2 \cdot \ln\left(\frac{1,115}{0,0071}\right) \right] \cdot 10^{-4}$$

$$L = 0,00106 \text{ H/km}$$

4.6. Resist\u00eancia do Condutor

$$\rho = 0,2733 \text{ } \Omega/\text{m}$$

$$\beta = 19 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \text{ (Condutor de alum\u00ednio-a\u00e7o)}$$

$$l_{toma} = 4,8 \text{ km}$$

$$l_{MT} = 0,8 \times 19 = 15,2 \text{ km}$$

$$l_{total} = l_{toma} + l_{MT} \quad [42]$$

$$l_{total} = 4,8 + 15,2 = 20 \text{ km}$$

Considerando que de cada PT (posto de transforma\u00e7\u00e3o) para o outro haver\u00e1 uma dist\u00e2ncia m\u00ednima de 800 metros.

$$R = \frac{\rho \cdot l_{total}}{s} = \frac{0,2733 \cdot 20}{118,6} \quad [43]$$

$$R = 0,046 \text{ } \Omega$$

4.7. Reactância do Condutor

$$X = \omega \cdot L = 2\pi \cdot f \cdot L = 2\pi \cdot 50 \cdot 0,00106 \quad [44]$$

$$X = 0,333 \text{ } \Omega/km$$

4.8. Queda de Tensão

Através da expressão (45) pode ser calculada a queda de tensão, em que I_S é a corrente de serviço em ampere, R é a resistência do condutor em Ω , X a reactância, em Ω/km e φ o factor de potência. (Gonçalves, 2011)

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I_S \cdot (R \cdot \cos\varphi + X \cdot \sin\varphi) \quad [45]$$

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot 370 \cdot (0,046 \cdot 0,8 + 0,333 \cdot 0,6)$$

$$\Delta U = 151,6 \text{ V}$$

$$(\%) = \frac{\Delta U}{U} \times 100 \rightarrow (\%) = \frac{151,6}{33000} \times 100 = 0,46 \% \quad [46]$$

A queda de tensão máxima permitida nas zonas Suburbanas é de 5%

4.9. Cálculo Mecânico

4.9.1. Forças que actuam nos condutores

Considerando vento reduzido, com pressão dinâmica de 300Pa será:

$$F_{V1} = \frac{\alpha \cdot q \cdot c \cdot d}{10} \quad [47]$$

$$F_{V1} = \frac{0,6 \cdot 300 \cdot 1 \cdot 14,2 \times 10^{-3}}{10} = 0,256 \text{ daN/m}$$

Para o estado de verão, considerando vento máximo habitual, com pressão dinâmica 750Pa:

$$F_{V2} = \frac{\alpha \cdot q \cdot c \cdot d}{10} \quad [48]$$

$$F_{V2} = \frac{0,6 \cdot (75\% \cdot 750) \cdot 1 \cdot 14,2 \times 10^{-3}}{10} = 0,479 \text{ daN/m}$$

O peso específico linear do condutor de alumínio-aço utilizado, de acordo com o Anexo I, é igual a 394 kg/km, o que equivale a 0,386 daN/m.

A força resultante das actuantes no condutor, considerando a ausência de gelo será no estado de inverno será igual a:

$$F_R = \sqrt{(F_C + F_G)^2 + F_V^2} \quad [49]$$

$$F_{R1} = \sqrt{(0,386 + 0)^2 + 0,256^2} = 0,463 \text{ daN/m}$$

$$F_{R2} = \sqrt{(0,386 + 0)^2 + 0,479^2} = 0,615 \text{ daN/m}$$

4.10. Estado atmosférico mais desfavorável

Para o presente projecto, o coeficiente de sobrecarga para o estado de inverno será:

$$m_1 = \frac{0,463}{0,386} = 1,2$$

Para o estado de verão:

$$m_2 = \frac{0,615}{0,386} = 1,59$$

O coeficiente de dilatação linear utilizado para os cabos de alumínio-aço tem o valor de aproximadamente $19 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

4.11. Tensões mecânicas máximas

$$T_r = 32,65 \text{ kN} = 3265 \text{ daN}$$

$$t_{max} = \frac{T_r}{S \times 2,5} \left[\frac{\text{daN}}{\text{mm}^2} \right] \quad [50]$$

$$t_{max} = \frac{3265}{118,6 \times 2,5} = 11,01 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

Como $m_1 < m_2$ será calculado o vão crítico, considerando uma tensão máxima de serviço igual a 11,01 daN/mm² para o vão entre o apoio de derivação e o apoio 1, ou seja, estes primeiro vão ficará com tracção reduzida.

4.12. Vão crítico

$$L_{cr} = \frac{S x t_{max}}{\omega} x \sqrt{\frac{24 x \alpha x (\theta_2 - \theta_1)}{m_2^2 - m_1^2}} \quad [51]$$

$$L_{cr} = \frac{118,6 \times 11,01}{0,386} x \sqrt{\frac{24 \times 19 \times 10^{-6} \times (60 - 5)}{1,59^2 - 1,2^2}} = 513,58 \text{ m}$$

O vão padronizado para as linhas de média tensão é de 80 metros.

4.13. Flecha máxima

$$\theta_1 + \frac{t_1}{\alpha x E} - \frac{m_1^2 x \omega^2 x L_{eq}^2}{24 x \alpha x S^2 x t_1^2} = \theta_i + \frac{T_{max}}{\alpha x E} - \frac{m_i^2 x \omega^2 x L_{eq}^2}{24 x \alpha x S^2 x T_{max}^2} \quad [52]$$

$$5 + \frac{2}{19 \times 10^{-6} \cdot 5700} - \frac{1,2^2 x 0,386^2 x 80^2}{24 x 19 \times 10^{-6} x 118,6^2 x 2^2} = 60 + \frac{T_{max}}{19 \times 10^{-6} \cdot 5700} - \frac{1,2^2 x 0,386^2 x 80^2}{24 \cdot 19 \cdot 10^{-6} \cdot 118,6^2 \cdot T_{max}^2}$$

$$-90,1 = 9,233 \cdot T_{max} - \frac{214,1}{T_{max}^2}$$

$$9,233 \cdot T_{max}^3 + 90,1 \cdot T_{max}^2 - 214,1 = 0$$

$$T_{max} = 1,44 \text{ daN/mm}^2$$

$$f_{max} = \frac{m_k \cdot \omega \cdot l^2}{8 \cdot s \cdot t_{mk}}$$

$$f_{max} = \frac{1 \cdot 0,386 \cdot 80^2}{8 \cdot 118,6 \cdot 1,44} = 1,81 \text{ m}$$

4.14. Dimensionamento dos isoladores

O projecto actual será considerado como estando numa zona de poluição fraca, portanto a linha de fuga específica mínima será de 16 mm/kV. A linha de fuga mínima considerada para a linha será:

$$L_f = 16 \times 33 = 528 \text{ mm} \quad [53]$$

A solicitação mecânica máxima a que os isoladores estarão sujeitos pelos condutores será:

$$T_i = 11,01 \times 118,6 = 1305,8 \text{ daN} \quad [54]$$

$$2,5 \times T_i = 2,5 \times 1305,8 = 3264,5 \text{ daN}$$

$$N_{\text{isoladores}} = \frac{L_{fr}}{L_{\text{isol}}} = \frac{528}{320} = 1,65 \quad [55]$$

Os isoladores a utilizar serão do tipo cadeia, modelo U70BS, em vidro, com linha de fuga de 320 mm e carga de rotura electromecânica igual a 70kN. De acordo com o cálculo da linha de fuga seria necessário apenas 3 isolador por cadeia, mas serão usadas cadeias de amarração simples e amarração reforçada.

4.15. Distância entre condutores

Como o condutor é de alumínio-aço, será utilizado coeficiente k igual a 0,6. O comprimento das cadeias de isoladores será considerado igual a 0, porque todos os vãos estão em amarração.

4.16. Distâncias de segurança estabelecidas

- a) Distância dos Condutores entre si

$$D = 0,4 \times \sqrt{f} \text{ [m]} \quad [56]$$

$$D = 0,4 \times \sqrt{1,81} = 0,54 \text{ m}$$

- b) Distância dos Condutores ao Solo

$$D = 6,0 + 0,005 \times U \text{ [m]} \quad [57]$$

$$D = 6,0 + 0,005 \times 33 = 6,165 \text{ m}$$

- c) Distância dos condutores aos carris, nas travessias de caminhos-de-ferro não electrificados

$$D = 6,3 + 0,01 \times 33 = 6,63 \text{ m} \rightarrow D = 7 \text{ m} \quad [58]$$

d) Distância entre Linhas Aéreas

$$D = 1,5 + 0,01 \times U + 0,005 \times L [m] \quad [59]$$

$$D = 1,5 + 0,01 \times 33 + 0,005 \times 4 = 2,18 \text{ m}$$

e) Distância dos Condutores a Obstáculos Diversos

$$D = 2,0 + 0,0075 \times 33 = 2,25 \text{ m} \rightarrow D = 3 \text{ m} \quad [60]$$

f) Profundidade de encastramento

A profundidade de encastramento, h_e , em metros, não deverá ser inferior à dada pela expressão (61), em que H em metros é a altura total do apoio. (Gonçalves, 2011)

$$h_e = 0,1 \cdot H + 0,5 \quad [61]$$

$$h_e = 0,1 \cdot 12,25 + 0,5$$

$$h_e = 1,8 \text{ m}$$

4.17. Para-Raios

A escolha dos Para-raios a instalar num PT deve ser em função do nível de tensão da rede assim como do seu regime do neutro, ou seja, se é isolado, ligado directamente à terra ou se é ligado à terra por intermédio de uma resistência ou bobina.

Tabela 10: Níveis de protecção e o raio correspondente

Nível de protecção	Raio de esfera rolante (D)
I	20m
II	30m
III	45m
IV	60m

Fonte: (IEP, 2006)

A capacidade dos Para-raios a instalar no PT será de $I_c = 10\text{kA}$ ($8/20\mu\text{s}$), sendo que a corrente máxima de impulso (descarga atmosférica) igual a 100kA tensão nominal de $U_n = 33\text{kV}$ de marca ASEA, tipo XBE. Com o nível de protecção I, com altura de montagem h em metros, o raio de protecção será:

$$h_{\text{montagem}} = h_{\text{poste}} - h_{\text{encastramento}} \quad [62]$$

$$h_{\text{montagem}} = 12,25 - 1,8 = 10,45 \text{ m}$$

A ligação dos Para-raios a linha de média tensão, deve ser feito com a mesma secção do condutor da linha.

$$r = \sqrt{h \cdot (2D - h)} = \sqrt{10,45 \cdot (2 \times 20 - 10,45)} = 17,6 \text{ metros} \quad [63]$$

O raio de protecção desse para-raios é aproximadamente 18 metros.

4.18. Drop- Out (Fusíveis de média tensão)

Tendo em conta a tensão do primário do transformador que é de 33kV, então a corrente do primário será:

$$I_{nominal} = \frac{S_T}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 33} = 4,4 \text{ A} \quad [64]$$

Assim sendo, escolheu-se os *drop-out* com as seguintes características eléctricas: tensão nominal de 33kV e corrente nominal de 16 A e corrente nominal do Link de 6 A, de marca AB-CHANCE.

$I_c = 10 \text{ kA}$ Tensão de Choque = 95 kV Distância de choque = 216 mm

4.19. Isoladores

Os isoladores aplicados na rede de MT são de porcelana e polímeros, resistentes à corrosão pelos agentes atmosféricos.

4.20. Rede de baixa tensão

A potência dos PT's que o Manual de Montagem de Postos de Transformação Rurais da EDM contempla são de 30, 50, 100, 160, 200, 250 e 315 kVA com os níveis de tensão 6,6/0,4; 11/0,4; 22/0,4 e 33/0,4 kV.

4.20.1. Cálculo da potência

$$S_{unidade} = S_{Tipo 2} \times f_{simultaneidade} \times f_{utilização} \times n^{\circ} \text{ casas} \quad [65]$$

$$S_{iluminação} = \left(\frac{P_{ilumi}}{\cos \varphi} \times Q_{saidas} \times \frac{l_{saida}}{lv_{\text{vão}}} \right) \div 10^3 \quad [66]$$

Onde:

- $S_{unidade}$ → Potência instalada em cada unidade;
- $S_{Tipo 2}$ → Potência instalada em cada casa;
- $f_{simultaneidade}$ → Factor de simultaneidade de 0,65;
- $f_{utilização}$ → Factor de utilização de 0,8;
- $n^{\circ} \text{ casas}$ → Número de casas;
- $S_{iluminação}$ → Potência instalada de iluminação pública em kVA;

- $\cos \varphi \rightarrow$ Factor de potência de 0,8;
- $P_{ilumi} \rightarrow$ Potência de iluminação (150 W para candeeiros tipo LED);
- $Q_{saidas} \rightarrow$ Quantidades das saídas (4 Saídas);
- $l_{saida} \rightarrow$ Comprimento de saída (400 metros);
- $l_{vão} \rightarrow$ Comprimento do Vão (40 metros);
- $Q_{PT} \rightarrow$ Quantidades de Postos de transformação;
- $S_{carregamento} \rightarrow$ Potência de carregamento do PT;

Fórmula do grau de carregamento do PT

$$S_{carregamento} = \frac{S_{unidade}}{Q_{PT}} + S_{iluminação} \quad [67]$$

$$S_{Evolução} = \sum S_{unidade} \times (1 + i)^n \quad [68]$$

- Taxa de crescimento estimada (**i**): 5% ao ano (0,05)
- Período (**n**): 5 anos

$$\text{Grau de carregamento \%} = \frac{S_{carregamento}}{S_{PT}} \times 100 \% \quad [69]$$

4.20.2. Estimativa da quantidade de Posto de Transformação

$$S_{Evolução} = 2\,992,82 \times (1 + 0,05)^5$$

$$S_{Evolução} = 3819,7 \text{ kVA}$$

$$Q_{PT} = \frac{S_{Evolução}}{S_{PT}} = \frac{3819,7 \text{ kVA}}{250 \text{ kVA}} = 15,3 \quad [70]$$

Como cada transformador deve ter um factor de reserva de 20%, para garantir a extensão do tempo de vida útil dos equipamentos de manobra e protecção (com protecção suficiente para impedir que o tempo de duração da corrente de curto-circuito não atinja um tempo que possa danificar o transformador) e um fornecimento contínuo de energia eléctrica com a qualidade requerida.

$$Q_{PT} = 15,3 + 20 \% = 18,36 \approx 19 \text{ PT}$$

Serão instalados no total 19 PT's de 250 kVA do tipo M2 no Bairro 7 Setembro.

Legenda da tabela 11

- a) = Unidade
- b) = Quantidade de Parcelas Habitacionais
- c) = Potência monofásicas das parcelas Habitacionais (kva)
- d) = Factor de simultaneidade
- e) = Factor de utilização
- f) = Potência parcial da unidade instalada
- g) = Potência trifásica das Instituições (kva)
- h) = Potência da unidade parcial instalada
- i) = Quantidade de PTs de 250 kVA
- j) = Potência de Iluminação Publica (kva)
- k) = Carregamento do PT (kva)
- l) = Grau de Carregamento (%)

Tabela 11: Cálculos de potências de PT

<i>a)</i>	<i>b)</i>	<i>c)</i>	<i>d)</i>	<i>e)</i>	<i>f)</i>	<i>g)</i>	<i>h)</i>	<i>i)</i>	<i>j)</i>	<i>k)</i>	<i>l)</i>
A	256	3,3	0,65	0,8	439,296	9,9	456,696	3	7,5	152,23	61%
B	270	3,3	0,65	0,8	463,32	46,20	517,02	3	7,5	172,34	69%
C	277	3,3	0,65	0,8	475,332	29,70	512,532	3	7,5	170,84	68%
D	246	3,3	0,65	0,8	422,136	36,30	465,936	3	7,5	155,31	62%
E	308	3,3	0,65	0,8	528,528	46,20	582,228	4	7,5	145,56	58%
F	257	3,3	0,65	0,8	441,012	9,90	458,412	3	7,5	152,80	61%
Total							2 992,82	19			

Fonte: (Autor)

Como pode-se ver os transformadores alocados a cada unidade estarão a funcionar com um regime de carregamento medio 60 %, com possibilidade de novas ligações.

4.21. Dimensionamento dos equipamentos de baixa tensão

4.21.1. Cabo alimentador do quadro geral de baixa tensão

a) Corrente de nominal:

$$I_{nominal} = \frac{S_T}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{250}{\sqrt{3} \times 0,4} = 360,8 A \quad [71]$$

b) Intensidade da corrente máxima admissível na canalização

$$I_n \geq I_{fict} \geq I_{max} \quad [72]$$

$$360,8 \geq 586,7 \geq 590 \text{ A}$$

O factor de correcção para a temperatura de 35 °C (Anexo 2): $\gamma = 0,82$

O factor de correcção local (Anexo 3): $\beta = 0,75$

c) Corrente fictícia

$$I_{fict} = \frac{I_{nominal}}{\beta \times \gamma} = \frac{360,8}{0,82 \times 0,75} = 586,7 \text{ A} \quad [73]$$

d) Secção do alimentador

O cabo alimentador escolhido é cabo VAV 4G300 mm^2 ou equivalente em alumínio, anexo 4.

$$I_{max} = 590 \text{ A} \quad [74]$$

e) Verificação dos limites de quedas de tensão permitidos

A resistividade do cabo de cobre não estanhado (Anexo 5):

$$r_{C 20^{\circ}C} = 0,0601 \Omega/km \quad l = 5m = 0,005km \quad \Delta U_{nom} = 0,172 \frac{V}{A \cdot Km}$$

A percentagem da queda de tensão do circuito é:

$$\Delta U = 0,172 \frac{V}{A \cdot Km} \times l \times I_n = 0,172 \times 0,005 \times 590 = 0,507 \text{ V} \quad [75]$$

$$\Delta U\% = \frac{\Delta V}{400} \times 100\% = \frac{0,507}{400} \times 100\% = 0,13 \text{ \%} \quad [76]$$

Essa queda satisfaz a condição imposta pelo RIEBT, da queda máxima admissível num cabo de baixa tensão deve ser menor que 5%.

f) Tempo máximo que o cabo suporta uma corrente da corrente de curto-circuito (I_{CC})

$$\text{Seja: } l = 5 \text{ m} \quad \alpha = 0,0039 \text{ C}^{-1} \quad r_{C 20^{\circ}C} = 0,0601 \Omega/km$$

$$R_{C 20^{\circ}C} = \frac{2 \times r_{C 20^{\circ}C} \times l}{1000} = \frac{2 \times 0,0601 \times 5}{1000} = 0,000601 \Omega \quad [77]$$

Para 35°C:

$$R_{C 35^{\circ}C} = R_{C 20^{\circ}C} \times [1 + \alpha(t_f - t_i)] = 0,000601 \times [1 + 0,0039(35 - 20)] \quad [78]$$

$$R_{C 35^{\circ}C} = 0,00064 \Omega$$

e a resistência total R_T é: $R_T = R_C = 0,00064 \Omega$

Então temos para a corrente de curto-circuito:

$$I_{cc} = \frac{U_l}{R_T} = \frac{400}{0,00064} = 625000 \text{ A} \quad [79]$$

O $k=115$ para cabos com alma de aço e isolados a PVC

$$\sqrt{t} = \left(K \times \frac{S}{I_{cc}} \right) \quad [80]$$

$$\sqrt{t} = \left(115 \times \frac{300}{625000} \right) \rightarrow t = 0,23 \text{ segundos}$$

Condição satisfeita: $t \leq 5s$

O aparelho de protecção terá de ser escolhido em função deste tempo para actuar.

4.22. Selecção dos Fusíveis (APC-NH1)

Tendo em conta a corrente nominal do cabo escolhido que é de 590 A, sendo assim cabo será protegido por três fusíveis de NH1 de 500 A. Sendo no total 3 fusíveis.

4.22.1. Selecção dos Disjuntores

- Disjuntor geral: SACE SN-630 A, regulado para 550 A.
- Tipo de Relé: R- 630 A, regulado para 550 A.

4.23. Selecção dos barramentos

Sendo que a corrente de serviço será de 590 A, a uma tensão de 400 V, logo o barramento será (Anexo 6):

$$U_n = 400 \text{ V}$$

$$I_n = 1437 \text{ A}$$

$$I_{cc} = 10kA$$

4.24. Sistema de ligação a terra

O sistema de aterramento ou ligação a terra escolhido é TT, segundo IEC 60364, caracteriza-se por ter o neutro da concessionária aterrado na fonte (geralmente no posto de transformação), enquanto as massas da estrutura da instalação do consumidor são aterradas de forma independente, sendo aplicado geralmente nas redes de distribuição de energia eléctrica em baixa tensão (230/400 V).

4.25. Saídas do QGBT

As saídas de baixa tensão são geralmente executadas em cabo ABC AL (3x70+54,6+25) mm², desde o QGBT ao Primeiro poste, da rede de baixa tensão aérea.

A sua protecção deve ser feita por fusíveis de baixa tensão de alto poder de corte APC-NH1, o seu calibre será em função da secção do cabo da saída que se destinam a proteger.

Corrente máxima

$$I_{max} = 190 A \quad [81]$$

Verificação dos limites de quedas de tensão permitidos

A Queda de tensão permitido do cabo ABC (Anexo 8)

$$l_{v\tilde{a}o} = l = 40m = 0,04km \quad \Delta U_{nom} = 0,860 \frac{V}{A \cdot Km}$$

A percentagem da queda de tensão do circuito é:

$$\Delta U = 0,860 \frac{V}{A \cdot Km} \times l \times I_n = 0,860 \times 0,4 \times 190 = 6,54 V \quad [82]$$

$$\Delta U\% = \frac{\Delta V}{400} \times 100\% = \frac{6,54}{400} \times 100\% = 1,63 \% \quad [83]$$

Essa queda satisfaz a condição imposta pelo RIEBT, da queda máxima admissível num cabo de baixa tensão deve ser menor que 5%.

4.26. Especificações técnicas

4.26.1. Rede De Média Tensão

4.26.1.1. Cabo condutor escolhido

Os cabos condutores a usar na construção de linhas aéreas de média tensão serão de alumínio reforçados com fios de aço designado de Cabo ACSR “**DOG**” com a secção de 118,6 mm², viável pelo facto de possuir maior capacidade de transporte.

Tabela 12: Características do condutor ACSR-DOG

Características	Valor
Secção nominal	118,6 mm ²
Diâmetro exterior	14,2 mm
Massa por unidade de comprimento	394,0 kg/km
Resistência D.C a 20°C	0,2733 Ω/km
Capacidade nominal	370 A
Modulo de elasticidade	57000N/mm ²

Fonte: (SOLIDAL, 2007)

4.26.2. Armações

As armações são estruturas metálicas aplicadas na parte superior dos apoios, destinadas a suportar os isoladores e os condutores.

Para o presente projecto, são usadas armações HRFSC (Esteira Horizontal reforçada), VAL (Esteira Vertical inserido num apoio em Alinhamento), PAN, PAL e HPT4 (Esteira Horizontal).

4.26.3. Apoios

Deve-se seguir o estabelecido no Capítulo V - Secção I- Artigo 51º de RSLEAT.

Os apoios a usar são de eucalipto creosotado cujo nome é “EUCALYTUS SALIGNA”.

As dimensões dos apoios são:

- Altura: 12,25m.
- Quantidade: 40
- Diâmetro do topo: 0,12 a 0,15m.
- Diâmetro de base: 23,35 m

Atendendo ao comprimento total do apoio, à profundidade do encastramento do apoio no solo, a altura do solo a que os condutores devem ficar e também à distância do topo a que os condutores serão fixados nos postes, os vãos máximos permitidos, para os

diferentes cabos e tipos de apoio, no caso de o terreno ser plano e horizontal e de não haver quaisquer acidentes ou obstáculos.

Contudo considerando as condições climáticas do nosso país (temperaturas e velocidades dos ventos), onde serão implantadas estas linhas, os vãos ótimos de montagem 90 metros.

- **Tensão máxima admissível:** 32,65 kg/mm²
- **Secção:** 118,6 mm²
- **Vão:** 80 m

4.27. Capacidade máxima de transmissão

Em função dos dados eléctricos (Resistência e Reactância) das linhas, dependentes do tipo de cabos usados e da configuração geométrica dos condutores adoptada e ainda da queda de tensão admissível, foi calculada a capacidade de transmissão das linhas em função do nível de tensão usado e dos condutores utilizados.

A queda de tensão máxima permitida é a seguinte:

- Zonas Rurais 8%
- Zonas Suburbanas 5%

Neste caso a queda de tensão foi de 0,46 %, para uma extensão de 20 km.

4.28. Isoladores

a) Isoladores de cadeia

Este componente revela-se de grande importância para as linhas aéreas de energia, e a sua funcionalidade consiste no isolamento dos condutores a quando da fixação destes apoios. É constituída 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). A utilização deste tipo de isoladores passa a ser tida em conta em locais de elevada poluição evitando a constante lavagem destes e também da diminuição do peso das cadeias. Deve-se colocar os isoladores de cadeia em todos os apoios.

São constituídos por polietileno. Colocam-se nos desvios das linhas juntos com as pinças de amarração e também são colocados nas curvas das linhas de transmissão.

Para montagem normal em alinhamento, tendo em conta as características tropicais da região onde a linha vai se desenvolver, foram adaptados isoladores rígidos de eixo

vertical (o estabelecido no Manual de montagem de linhas – (M1) da EDM – Direcção de Distribuição), sendo os seguintes:

- Isoladores rígidos Eixo Vertical NGK para 22/33 kV;
- Isoladores rígidos Eixo Horizontal E70/27 para 22/33 kV;
- Isoladores rígidos Eixo Horizontal STV-35 para 22/33 kV;
- Isoladores rígidos Eixo Horizontal ALH-35 para 22/33 kV.

b) Isoladores de apoio

Serão montados os isoladores de apoio nos postes, para evitar a passagem de corrente eléctrica do condutor ao apoio ou para o suporte e sustentar mecanicamente os cabos, barramentos, etc.

São feitos de vidro ou porcelana, geralmente usa-se os isoladores de porcelana.

Nos apoios de ângulo, nas amarrações, serão usados isoladores H.T. 1110 para 33 kV.

As cadeias de suspensão de amarração em cada poste deve possuir três (3) isoladores de apoio, para as tensões até 33 kV.

4.29. Ferragens

As ferragens a utilizar nos isoladores rígidos são do tipo HT - M3, e as ferragens para as cadeias são EA 5 (Pinça de amarração), EB 28 (Pinça de amarração), VC 33 (argola com espigão) VC 29 (Bola -gancho) e EC70 (Rotula olhal), como estabelecido no Manual de montagem de linhas – (M1) da EDM – Direcção de Distribuição).

4.30. Travessas

As travessas a utilizar nas linhas de 33 kV são de aço ou ferro galvanizado com Perfil ‘‘L’’ e ‘‘U’’ com 2,85 metros (120 x 55 x 6 mm).

4.31. Pinças de amarração

São constituídos de corpo em material plástico de alta resistência mecânica e as intempéries, hastes em aço electrozincado (AZ), ou galvanizado (AG), ou aço inox (AI).

- Servem para amarrar cabos isolados de ligação e para amarração dos corpos metálicos para a fixação em baixadas. Em todas as fachadas deveram ser montadas as pinças de amarração.
- Também servem para receber e amarrar os cabos torçados.

4.32. Pinças de suspensão

São usadas para a suspensão de cabos de torçada. São constituídas de corpo metálico de aço electrozincado (AZ) ou galvanizado (AG) ou aço inox (AI) e núcleo em borracha de alta resistência mecânica, climatérica e dieléctrica.

Também são usadas para a suspensão em linha ou em cabo de torçada com neutro tensor. Fixação da pinça de suspensão ao poste através de um parafuso de M14 ou M16 ou fita de aço inox.

4.33. Para-raios

A ligação dos pára-raios à linha de média tensão, deve ser feita com o mesmo tipo e tamanho de secção do condutor da linha. Serão colocadas nas linhas de transmissão de 33kV com uma capacidade mínima de 10 kA, para a protecção das linhas contra as descargas atmosféricas, acções de chuva, trovoadas de modo que sejam descarregadas directamente para a terra e não nas linhas evitando a destruição das mesmas.

4.34. Ligação de condutores

1. Na ligação de condutores deve observar-se o estabelecido no Artigo 44º do RSRDEEBT:

- a) A ligação é feita por meio de ligadores apropriados, robustos e resistentes à corrosão pelos agentes atmosféricos;
- b) Os ligadores devem assegurar contacto eléctrico eficiente para que a sua temperatura, em serviço normal, não exceda a dos condutores;
- c) A torção directa dos condutores entre si, ou a soldadura, não é permitida;
- d) Os ligadores, quando destinados a ligar metais diferentes, devem ser concebidos e instalados de modo a evitar a corrosão electrolítica.

Quando os ligadores desempenharem funções de uniões, isto é, se destinarem a ligar mecanicamente dois troços de condutor, devem assegurar uma resistência a tracção não inferior a 90 % da dos condutores.

4.34.1. Ligadores paralelos, A-1

São usados em derivação de cabo nú em alumínio, ACSR sendo que o corpo é em liga de alumínio, os seus Parafusos e porcas em aço 8.8 (A) ou aço inox (I).

4.34.2. Ligador Bimetálico

São usados para ligação de condutores ACSR a bornes de aparelhagem em cobre. Também são usados para união de condutores nus em alumínio a condutores nus em cobre (topo a topo).

As ligações entre condutores de cobre ou alumínio são realizadas por meio de ligadores bimetálicos. Nestas ligações, para evitar problemas electroquímicos, devido ao contacto entre materiais diferentes e corrosão dos condutores, deve realizar-se uma protecção que assegure a estanquidade à humidade e isole as superfícies de transição entre metais diferentes.

4.35. Seccionadores de 33 kV

São fixados em travessas perfilados tipo L galvanizadas, montados entre dois postes para seccionamento da linha de média Tensão.

4.36. Implantação de apoio 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 (± 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, com a profundidade de encastramento no solo de 1,80 metros.

4.37. Distâncias dos condutores ao solo

- a) A distância dos condutores ao solo não deve, com excepção do disposto no artigo 73, ser inferior a 5 m.
- b) Quando um ramal estiver situado, no todo ou em parte, por cima do terreno do prédio a abastecer, pode a distância prevista no número anterior, relativamente aquele, reduzir-se a 3 m.

- c) Nos ramais constituídos por condutores isolados em feixe estabelecidos nas fachadas dos edifícios a distância ao solo pode reduzir-se a 2,25 m.

4.38. Distância dos condutores aos suportes dos isoladores e aos apoios

A distância dos condutores nus incluindo as próprias fileiras aos suportes dos isoladores, bem como a distância dos condutores nus, dos condutores isolados em feixe e dos cabos auto-suportados ou suspensos de fiadores aos apoios não pode ser inferior a 0,05m nas condições mais desfavoráveis.

Distância dos condutores entre si deve ser $\geq 0,5$ metros.

4.39. Espias

As espias devem suportar os esforços nos casos mais desfavoráveis, sendo feito por torçadas de três (3) fios de arame ou aço galvanizado nº 8, diâmetro superior a 3mm ou equivalente. Possuindo uma força de ruptura mínima de 40 kN.

Na parte enterrada das espias, e numa extensão de 0.5 m fora do solo deverá ser utilizado varão de aço de diâmetro não inferior a 12 mm.

Com a função de dar o equilíbrio os postes para que não possam ceder as movimentações dos cabos. Entre outras funções destaca-se:

- Apoios de ângulo de esforço á cabeça elevado;
- Apoios de fim de linha em que ampliações de rede possam transforma-los em apoios de ângulo ou de alinhamento;
- Apoios de alinhamento ou de ângulo em que se faça uma derivação

Seguindo o disposto na RSLEAT no Artigo 69º a 71º.

4.39.1. Fixação de espias

As espias devem ser fixadas aos apoios da seguinte forma:

- a) A um nível inferior ao do condutor mais baixo, para redes de condutores nus dispostos em quincôncio, em esteira horizontal e ainda em esteira vertical, quando a espia se situar do mesmo lado da fixação dos condutores; e
- b) Ao mesmo nível do ponto de aplicação da resultante dos esforços que se exercem sobre o apoio, para redes de condutores isolados em feixe ou para redes de cabos auto-suportados ou suspensos de fiadores e ainda para redes de

condutores nus dispostos em esteira vertical, quando a espia se situar do lado oposto ao da fixação dos condutores.

A fixação das espias faz-se em condições que ofereçam garantia de duração e resistência, observando-se as distâncias de segurança relativamente aos condutores.

Na parte enterrada é utilizada uma âncora ou maciço que assegure uma conveniente amarração da espia.

4.39.2. Isolamento das espias

1. Nas redes de distribuição em condutor nu, as espias atingíveis sem meios especiais do solo, telhados, varandas, janelas ou outros lugares acessíveis a pessoas são interrompidas por isoladores de retensão apropriados e colocados, pelo menos, a 0,50 m do condutor mais próximo, devendo a parte da espia compreendida entre o isolador de retensão e o apoio ficar, em relação aos edifícios, fora da zona de protecção definida no artigo 45 e, em relação ao solo, a mais de 2,50 m de altura.

2. Nas redes de distribuição em condutor nu em que se utilize o sistema ‘terra pelo neutro’ é dispensável a utilização do isolador de retensão referido no número anterior desde que a espia seja ligada ao neutro.

4.40. Vãos

- a) Os vãos entre cadeias em amarração não devem ser inferiores a 40 m, de modo a facilitar possíveis trabalhos nas linhas.
- b) Nas redes de distribuição, os vãos não devem exceder 90 metros;
- c) Na fixação dos vãos deve-se ter também em atenção as condições locais e a facilidade de ligação de instalações de utilização.

4.41. Apoios de Reforço

A montagem de um apoio de reforço em cada 15 a 20 apoios de alinhamento, sendo do tipo reforço em pórtico.

4.42. Cabo de Guarda

Não utilizaremos cabo de guarda nas linhas de média tensão (até 33 kV), inclusive, por se ter chegado a conclusão de a sua acção protectora era quase nula nestes casos, representando, contudo, a sua utilização uma sobrecarga económica apreciável.

4.43. Rede De Baixa Tensão

Âmbito do projecto

Este projecto tem como finalidade a especificação das condições técnicas de construção e de segurança do posto de transformação, de características normalizadas, cujo é fornecimento de energia eléctrica em baixa tensão.

Retrata as condições gerais para a montagem dos postos de transformação trifásico do tipo M2, 250 kVA-33/0.4 kV. Visando alimentar Quarteirões no bairro 7 Setembro.

Situado no Município de Boane, Província de Maputo, em Moçambique.

4.43.1. Situação e localização

Para o nosso caso, o PT será então do tipo M2, dada a potência do nosso transformador (250 kVA).

A altura da base de alvenaria foi calculada de forma que as partes acessíveis em tensão não fiquem a uma altura inferior a 2,5 m do solo, que é a distância mínima regulamentar para instalações exteriores protegidas. O nível de tensão vai ser 33/0,4 kV, ligando então a nossa linha de MT.

Para este tipo de PT, deverá ser construída uma vedação adequada em sua volta, que impeça a aproximação de pessoas da instalação, até uma determinada distância de segurança. Para determinação das dimensões da vedação, segundo o regulamento, a distância mínima entre a projecção horizontal das peças em tensão e a vedação deve ser de 2 m (para 33 kV), devendo a sua altura mínima ser de 1,8 m.

O quadro de baixa tensão será alojado na parte inferior da base de cimento que suporta o transformador, ficando assim igualmente protegido contra a intempérie.

4.43.2. Alimentação

A alimentação será feita a partir da rede de distribuição de M.T. da empresa concessionária (E.D.M-E.P), por ramais estabelecidos à uma tensão trifásica de 33 kV a 50 Hz.

A tensão de chegada é pois de 33 kV e a de utilização de 400/230 Volts a 50 Hz.

4.43.3. Tipo de montagem

Os Postos de Transformação serão de montagem exterior, do tipo Pórtico M2, portanto, constituído por dois postes de madeira creosotado dispostos em pórtico, tendo 12,25 m de altura e um Quadro Geral de Baixa Tensão.

4.43.4. Estimativa de transformadores

Considerando os cálculos feitos anteriormente que estimava dois (2) transformadores por cada quarteirão tem-se:

Tabela 13: Quantidade de transformadores

Unidade	Habitações	Quantidade	
		Quarteirões	Transformadores
A	256	05	03
B	270	05	03
C	277	05	03
D	246	05	03
E	308	06	04
F	257	05	03
Total	1614	31	19

Fonte: (Autor)

Segundo os cálculos apresentados acima, a quantidade de transformadores necessários para a electrificação e posterior expansão a rede são 19, de 250 kVA- 33/0.4 kV.

4.43.5. Características do transformador

Descrição	Características
Potência Nominal	250 kVA
Tensão Nominal no Primário	33 000 V
Tensão Nominal no secundário	400 V
Grupo ligação	Dyn5 ou Dyn 11
Frequência	50 Hz
Tipo de isolamento	óleo hermético
Montagem	Exterior

Fonte: (EDM, 2006)

4.44. Quadro geral de baixa tensão

O QGBT será de classe I, com 2 mm a 3 mm de espessura, sendo feito de materiais como aço galvanizado ou ligas metálicas adequadas para resistir as condições ambientais, garantindo a poeira, humidade e entrada acidental de água, tendo no seu interior os trilhos DIN para fixação de componentes eléctricos, de modo a facilitar a

instalação e manutenção. O quadro deve ser equipado com barramento de terra a qual serão ligados todos os condutores de protecção, com invólucro ser ligado a terra, e com acesso frontal com a chapa de sinalização de perigo de morte para segurança de pessoas. Tendo em consideração a potência do transformador, o cabo de baixa tensão que se destina à ligação do transformador e o QGBT deverá ser do tipo VAV. Com a secção mínima de 4G300 mm² ou equivalente em alumínio.

No QGBT estará alojado um disjuntor geral que se desliga a proteger a instalação a jusante dos defeitos nocivos de curto-circuitos e sobrecargas. A protecção do transformador será efectuada por um disjuntor tripolar de 550 A para cada cabo alimentador.

Ainda, no QGBT deverão ser montados 1 Contador de energia (da concessionária) e 4 barramentos para as 3 fases e o neutro.

Este quadro estará munido de 4 saídas, e serem ligadas no barramento alimentado pelo corte geral, tendo 400 metros cada.



Figura 8: PT aéreo em pórticos M1 – vista frontal

Fonte: (Autor)



Figura 9: Quadro de Geral de Baixa Tensão

Fonte: (Autor)

4.44.1. Saídas do QGBT

Cada saída do quadro terá uma extensão de 400 metros cada, sendo no total serão 4 saídas com cabos ABC do tipo AL (3x70+54,6 +25) mm².

4.44.2. Terras do posto de transformação

O Posto de transformação será provido de duas terras distintas. a de **Serviço** e a **Protecção**.

a) Terra de Serviço

À Terra de serviço será ligada o Neutro do secundário do transformador. Esta ligação deverá ser feita a partir da QGBT através de um ligador amovível e a mesma devera conter valores ohmicos abaixo de 10Ω.

b) Terra de Protecção

À Terra de Protecção ligar-se-ão todas as partes metálicas de suporte e fixação de aparelhagem, incluindo a cuba do transformador e de invólucro metálico do QGBT.

Não havendo possibilidade de execução de uma terra própria para para-raios. Estes serão ligados à terra de protecção. A ligação dos para-raios deve fazer-se directamente ao condutor principal de terra, e não por intermédio de qualquer outra massa metálica. Esta ligação deverá ser feita também através de um ligador amovível e a mesma deverá conter valores ohmicos abaixo de 10Ω .

c) Condutor de Terra

Utilizar-se-á condutor de cobre nú de 35 mm^2 de secção até ao ligador amovível, situado na base do pórtico e outro condutor de 35 mm^2 de secção deste até ao eléctrodo de terra, no subsolo.

d) Eléctrodo de Terra

Os eléctrodos de terra de protecção serão construídos de hastes de cobre próprio para este fim com um comprimento de dois (2) metros e interligados entre si por um cabo de cobre nú de 50 mm^2 . Os eléctrodos deverão ser enterrados no solo a uma profundidade mínima de 0,8 m e os elementos que constituem o mesmo eléctrodo deverão estar afastados entre si a uma distância igual ao seu comprimento. O número de eléctrodos por elemento depende da resistividade do solo devendo a resistência de terra ser inferior a $10\ \Omega$.

4.44.3. Características gerais

O Posto de transformação será aéreo em pórtico "M2". Alimentado por via de condutor de alumínio da rede pública EDM para alimentar o transformador. O transformador será assente em maciço contendo todo o equipamento que constitui o posto de transformação: transformador, quadro geral de distribuição, para-raios, *drop-outs* equipamentos de protecção e assentamento.

4.44.4. Ligação Do Lado Primaria (MT)

Esta será feita por meio do condutor ACSR DOG com secção de $118,6\text{ mm}^2$ com terminais bimetálicos (Cu/AL) na conexão aos terminais de MT do transformador de potência.

4.44.5. Ligação Do Lado Secundário (BT)

Esta será feita por meio de um cabo designado alimentador do tipo VAV 4G300 mm² do transformador de potência até ao Quadro Geral de Distribuição em Baixa Tensão.

4.45. Isoladores

a) Isoladores de Passagem

Os isoladores deverão ser rígidos de eixo horizontal tipo porcelana STV-36 kV e de tensão nominal 33 kV. Os acessórios metálicos deverão ser feitos de ferro galvanizado. O material não deverá ter dobras, fendas ou outros defeitos interiores e exteriores que podem afectar a robustez, maleabilidade, durabilidade ou habilidade para o seu funcionamento. Deverá ser limpa nas partes exteriores do isolamento.

b) Isoladores de Amarração

Estes isoladores deverão ser de 33 kV de tensão nominal e providos de olhal de ligação, bola gancho. A montagem deverá ser efectuada de modo que as qualidades mecânicas não sejam afectadas.

Estes, deverão ser semelhantes ao tipo “*LONG ROD*” (isoladores de cadeia) - para uso nos apoios de ângulo, reforços e nas amarrações. A porcelana deve estar de acordo com a norma DIN 40685 e os gorros são feitos de ferro maleável de acordo com a norma DIN 1692 e galvanizado a quente. A bola e tomada deverão ser fabricadas de acordo com a norma IEC 120. Com dispositivo de fecho.

4.46. “Drop-outs” ou Fusíveis de média tensão

Os *drop-outs* serão montados para garantir a protecção contra sobreintensidades (curto-circuitos) e garantir também o seccionamento do Posto de Transformação.

Para este propósito, deverá ser aplicado *drop-outs* tipo CHBP ou semelhantes de 33 kV contra cartuchos de 6 A de corrente nominal e elemento fusível (*link*) de IA.

4.47. Para-raios poliméricos

A protecção contra sobretensões de origem atmosférica deverá ser feita por meio de descarregadores do tipo auto válvula semelhante ou equivalente ao tipo XBE, da marca

ASEA de poder de descarga estipulado num mínimo de 10 kA, dotado de dispositivos de sobrepressão.

Deverão ser montados para-raios para nível de tensão igual a 33 kV para protecção do transformador e de todo equipamento contra as descargas atmosféricas e outros surtos de tensão.

4.48. Ferragens

Todos os acessórios deverão pelo menos ter a mesmo princípio de robustez escolhido. Os acessórios de ligação, incluindo parafusos, porcas e anilhas, deverão estar incluídos na montagem do isolador.

Todo material não deverá ter dobras, fendas ou outros defeitos interiores e exteriores que podem afectar a robustez, maleabilidade, durabilidade ou habilidade para o seu funcionamento

Nos fiadores, os parafusos deverão ser usados somente como aparelhos de apertar e não como paredes de transportar corrente. Todos os parafusos, porcas e anilhas deverão ser de ferro galvanizado de alta robustez.

4.49. Apoios

Os apoios a usar serão do tipo eucalipto creosotado com altura mínima de 9 metros e diâmetro mínimo de 0,12 metros.

4.50. Quantidade de apoios

Considerando a extensão da máxima da saída de baixa tensão de 400 metros e os vãos máximos de 40 metros, sendo que no total são 4 saídas, deste modo serão implantados 50 apoios (postes).

4.51. Espias

As espias são cabos de aço de tração mecânico que servem para sustentar a tensão exercida pelas linhas nos postes e pode-los manter em equilíbrio estático

As mesmas são constituídas por:

- Base de espia;

- Âncora;
- Arame galvanizado ou um cabo de aço adequado;
- Isolador de espia.

A parte isolada deverá ser de porcelana tipo XY54-3 ou material composto. O material não deverá ter dobras, fendas ou outros defeitos interiores e exteriores que podem afetar a robustez, maleabilidade, durabilidade ou habilidade para o seu funcionamento.

Os isoladores deverão cumprir com os seguintes requisitos:

- Resistência de impulso de descarga: 40 kV
- Resistência de potência húmida: 23 kV
- Distância nominal mínima de fuga: 76 mm
- Força de tração: 91 kN

4.52. Quadro geral de distribuição em Baixa Tensão (QGBT)

O QGBT será de fabricado em chapa resistente com dimensões suficientes para acomodar todos os dispositivos necessário para o correto funcionamento da instalação (Disjuntor geral, fusíveis, barramentos, equipamento de medida).

4.53. Segurança

Todas partes metálicas não fazendo parte do circuito de condução de corrente. Deverão ser devidamente ligados a terra. A terra de proteção será estabelecida mediante ligação das partes metálicas ao eléctrodo de terra através de um condutor de cobre nu estrançado.

A uma altura de três (3) metros, o poste deverá ser enrolado com arrame farpado numa extensão de meio metro, para protecção contra trepamento.

Todos os postes, deverão ter uma chapa de indicação de perigo da rede, fixada à altura de dois (2) metros.

Toda a instalação deverá ser executada com as normas de segurança em vigor em Moçambique e as melhores "regras de arte". Especial cuidado deve ser posto na correta ligação à terra de todas as massas metálicas não fazendo parte dos circuitos de condução. No caso de falta ou emissões na legislação local, deverão ser utilizadas as normas relevantes da CEI ou da VDE.

4.54. Estimativa de Custo do Projecto

ESTIMATIVA DE CUSTOS					
PROJECTO DE EXPANSÃO DA REDE DE ENERGIA ELÉCTRICA NO BAIRRO 7 DE SETEMBRO – MUNICÍPIO DE BOANE					
Elaborado por:		Alberto Zacarias Fumo			
Local:		Município de Boane - Bairro 7 de Setembro			
I. RMT					
Designação de Materiais	Un	QTD	Custo unit. (MTs)	Custo Total (MTs)	Custo Total (\$USD)
Transformador (250KVA) AI	un	19	835,275.89	15,870,241.91	245,973.99
Quadro geral de Baixa Tensão de 630A	un	19	399,520.83	7,590,895.77	117,651.83
Cabo VAV (4G300) mm ²	m	114	16,736.49	1,907,959.86	29,571.60
Poste de madeira de 12.25Mx0.16/0.18	un	100	11,432.74	1,143,274.00	17,719.68
Cadeias de Isoladores c/Acessórios	un	246	1,871.91	460,489.86	7,137.16
Pinça de amarração	un	246	944.26	232,287.96	3,600.25
Isoladores horizontais c/pernos	un	378	3,001.58	1,134,597.24	17,585.20
Perfil "U" de 100x50x8mm(3m)	un	42	8,256.22	346,761.24	5,374.48
Perfil "L" de 80x80x8mm (2.8m) c/cruzetas e Acessórios	un	102	11,987.72	1,222,747.44	18,951.45
Bases de drop-outs	un	60	7,584.28	455,056.80	7,052.96
Para-raios 36kV	un	57	7,177.06	409,092.42	6,340.55
Espia completa MT	un	94	12,432.93	1,168,695.42	18,113.69
Eléctrodos de terra	un	380	1,061.14	403,233.20	6,249.74
Condutor de cobre nu 35mm ²	m	1368	457.27	625,545.36	9,695.37
Condutor de cobre Amarelo/verde 35mm ²	m	1083	506.48	548,517.84	8,501.52
Terminais bimetálicos de 35mm ²	un	80	315.59	25,247.20	391.31
Condutor ACSR- DOG 118,6 mm ²	m	23,560	147.00	3,463,320.00	53,678.24
Terminais bimetálicos AL/CU de 95mm ²	un	323	649.94	209,930.62	3,253.73
Ligadores paralelos de alumínio	un	380	546.17	207,544.60	3,216.75
Parafusos M18x400x100	un	105	743.48	78,065.40	1,209.94
Maciço	m	19	50,312.50	955,937.50	14,816.14
Vedação	un	19	31,080.03	590,520.57	9,152.52
SUBTOTAL - I				39,049,962.21	605,238.10

II. RBT					
Designação de Materiais	Un	QTD	Custo unit. (MTs)	Custo Total (MTs)	Custo Total (\$USD)
Poste de madeira de 9mx0.14/0.16	un	960	6,180.26	5,933,049.60	91,956.75
Cabo torça do ABC(3x70+54.6+25)mm ²	m	33440	691.25	23,115,400.00	358,267.20
Cabo VAV 4x50mm ²	m	285	2,885.34	822,321.90	12,745.22
LGS-Luminária Fluorescente 2x40w	un	499	7,798.43	3,891,416.57	60,313.34
Braço 1.5m	un	499	1,400.00	698,600.00	10,827.65
Fotocélula	un	19	2,757.28	52,388.32	811.97
Fio PCN	m	320	100.00	32,000.00	495.97
Pinças de amarração PAB/1500 (3x70+54.6+25)mm ²	un	430	549.75	236,392.50	3,663.86
Pinças de suspensão P/BPS3035 - (3x70+54.6+25)mm ²	un	750	539.99	404,992.50	6,277.01
Ferro de argola	un	1120	716.63	802,625.60	12,439.95
Ligadores de garra PC3/WP3F	un	1720	236.13	406,143.60	6,294.85
Escorra	un	32	6,180.26	197,768.32	3,065.23
Espia completa	un	315	5,525.74	1,740,608.10	26,977.81
SUBTOTAL - II				38,333,707.01	594,136.81
SUBTOTAL A - CUSTO TOTAL DE MATERIAIS (I+II)				77,383,669.22	1,199,374.91
B - MÃO DE OBRA					
Descrição	Qtd	Valor (MTs)	Valor Total (MTs)	Valor Total (\$USD)	
Mão de Obra 10%	1	77,383,669.22	7,738,366.92	119,937.49	
SUBTOTAL-B				7,738,366.92	119,937.49
C - TRANSPORTE					
Descrição	Qtd	Valor (MTs)	Valor Total (MTs)	Valor Total (\$USD)	
Transporte 5%	1	77,383,669.22	3,869,183.46	59,968.75	
SUBTOTAL-C				3,869,183.46	59,968.75
RESUMO					
Soma (A+B+C)				88,991,219.60	1,379,281.15
IVA 16%				14,238,595.14	234,477.79
TOTAL GERAL				103,229,814.74	1,613,758.94

Fonte: (Autor)

CAPÍTULO V- CONCLUSÃO

5.1. Conclusão

Para o presente trabalho o objectivo é o dimensionamento de postos de transformação para expansão da rede de energia eléctrica do Bairro 7 de Setembro no Distrito de Boane, na Província de Maputo.

Referir que os transformadores, os equipamentos do PT, a rede da média e baixa tensão foram dimensionados segundo os regulamentos vigentes em Moçambique.

Como a energia actualmente fornecida ao bairro não é de qualidade, sendo uma das principais causas dessa má qualidade são os quatro (4) postos de transformação sendo dois (2) de 160 kVA e outros dois (2) de 100 kVA que operam no regime de sobrecarga.

Como solução para este problema propôs-se a instalação de dezanove (19) PT's no bairro (no centro de cargas), para atender as necessidades da carga actual e a expansão do bairro. O novo PT de 250 kVA resultou no dimensionamento da aparelhagem de manobra e protecção bem como do ramal de MT que irá alimentar o mesmo (PT novo).

Referir que a escolha de transformadores de pequena magnitude, deve-se ao facto destes (transformadores menores) geralmente terem um custo de aquisição mais baixo, sendo mais fáceis de transportar, instalar e substituir em caso de falha, reduzindo custos operacionais.

Referir também que o uso de transformadores menores permite distribuir melhor a carga em diferentes pontos da rede, evitando sobrecargas em um único transformador, resultando em menores perdas em vazio, aumentando a eficiência energética em situações de baixa demanda.

Deste modo, com a implementação deste projecto da nova rede a ser implantada, espera-se que o fornecimento de energia eléctrica seja de qualidade e fiável, aos novos clientes, culminando também na redução de número de baixadas nos posteletes (que criam sobre carga num único ponto).

A rede será dotada de um sistema de protecção seguro e eficaz, com uma variedade de dispositivos de protecção, sistema de aterramento eficaz e para-raios instalados nos PTs.

Todo o projecto está orçamentado em **103 229 814,74 Mtn** (Cento e três milhões, duzentos e vinte e nove mil, oitocentos e catorze meticais e setenta e quatro centavos.) ou **1 613 758,94 \$USD** (Um milhão, seiscentos e treze mil, setecentos e cinquenta e oito dólares e noventa e quatro centavos) considerando o cambio do dia.

5.2. Recomendações

São entre algumas recomendações conforme as constatações, as seguintes:

- Uso de apoios de doze (12) metros para Média Tensão e nove (9) metros para Baixa Tensão quando o manual de montagem de postos de transformação rurais indica 12,25 metros como a altura dos apoios de Média Tensão.
- Uso de transformadores de maior potência caso de 250 kVA em situações onde a solicitação de carga é maior de modo a reduzir o impacto da excessiva presença da rede de MT na poluição visual, pela necessidade de maior número de PTs.
- Recomenda-se também que se faça manutenção preventiva da rede, com vista a garantir, uma rede de boa qualidade, garantindo segurança aos moradores e boa qualidade de serviço da rede e;
- Uso de normas e boas praticas durante a durante a implementação do projecto, por forma a alcançar melhor confiabilidade e estabilidade da rede e dos equipamentos instalados.

5.3. Bibliografia

- Alcobre. (2020). *Cabos Aereos Torçados*. Portugal: www.alcobre.pt.
- Almeida, A. D. (2001). *Materiais e Equipamentos Eléctricos (Dimensionamento de cabos e protecções)*. Setúbal. Instituto Politécnico de Setúbal.
- Antunes, J. M. (2012). *Conceção de Redes de Média e Baixa Tensão*. Coimbra: Instituto Politécnico de Coimbra-Instituto Superior de Engenharia. Obtido em <https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/17289/1/Jorge-Dias-Antunes.pdf>
- EDM, EP. (2006). *Postos de transformação Rural (M5)*. Moçambique: EDM- Electricidade de Moçambique.
- ELEKTRO. (2002). *Projeto de Redes Aéreas Urbanas de Distribuição de Energia Eléctrica norma (ND.22)*. Jd. Nova América Campinas – SP: ELEKTRO Eletricidade e Serviços S.A - Diretoria de Operações Gerência de Tecnologia. Obtido em <https://pt.scribd.com/document/626014369/Normas-ELEKTRO-Com-tabela>
- Eurocabos. (2006). *Tabelas técnicas - Condutores Electricos*. Lisboa -Portugal: Eurocabos.
- Gonçalves, F. J. (2011). *Projecto de Execução de Liinhas de Média Tensão- Estágio empresa JAG-Power*. Coimbra: Instituto Superior de Engenharia de Coimbra - Departamento de Engenharia Electrotécnica.
- Governo do Distrito de Boane. (2025). *Desafios, oportunidades e lições apreendidas na preparação de RLV*. Maputo - Boane : Governo do distrito de Boane e Municípios da Vila de Boane e da Matola-Rio.
- IEP. (2006). *Guia prático NP EN 62305: Protecção contra descargas atmosféricas – parte 3: danos físicos a estruturas e riscos humanos*. Lisboa, Porto- Portugal: Instituto Electrotécnico Português - Comissão Técnica de Normalização CTE 81, coordenada pelo IEP.
- Obtido em <https://www.iep.pt/uploads/Guia%20Pr%C3%A1tico%20NP%20EN%2062305-3.pdf>

- In Ordem dos Engenheiros . (2012). *Evolução QS da rede de distribuição MT em Portugal continental e próximos desafios*; Coimbra: Região Centro Ciclo Sessões técnicas- in Ordem dos Engenheiros.
- Marconi, M. D., & Lakatos, E. M. (2003). *Fundamentos de Metodologia científica* (Vol. 5ª Edição). São Paulo -Brasil: Editora Atlas S.A.
- RSIUEE. (DECRETO-LEI N.º 740/74). *Regulamento de segurança de instalações de utilização de energia eléctrica*. Portugal: Ministerio da Indústria e Tecnologia.
- RSLEAT. (1993). *Regulamento de Segurança de Linhas Eléctricas de Alta Tensão*. Portugal : Direcção Geral de Energia .
- RSRDEEBT. (Decreto n.º 67/2011). *Regulamento de Segurança de Redes de Distribuição de Energia Eléctrica em Baixa Tensão*. Moçambique: Boletim da Republica - I serie -Numero 51 de 21 de Dezembro .
- Santos, R. V. (2013). *Monitoramento de pãmetros de motores de indução*. Juiz de Fora/MG: Universidade Federal De Juiz De Fora (UFJF).
- Scribd. (2025). *Tabelas de equivalencia pdf*. Obtido em <https://pt.scribd.com/doc/243352730/tabelas-2-pdf>
- SOLIDAL. (2007). *Guia técnico - Quintas & Quintas - Condutores Eléctricos,S.A.* Portugal: SOLIDAL- Condutores Eléctricos,S.A. & Quintas & Quintas - Condutores Eléctricos,S.A.
- UNESP. (S.d). *Sistema de distribuição*. Ilha Solteira - SP, Brasil: UNESP - Universidade Estadual Paulista FEIS - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos.
- Obtido em https://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariae letrica/apostila _sdee_01.pdf.

ANEXOS

Anexo 1

Tensões máximas de serviço

Tipo de Condutor	Secção Nominal (mm ²)	Tensões máximas de serviço (daN/mm ²)
Cobre	16	12-14
Alumínio-Aço	30	8-9-10
	50	7-8-9-10
	90	7-8-9
	160	7-8-9
Ligas de alumínio	20	8-9-10
	35	8-9-10
	55	8-9-10
	75	8-9-10

Fonte: (RSLEAT, 1993)

Anexo 2

Tabela de factores de correção para temperaturas ambientes diferentes de 20° C

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

Fonte: (Almeida, 2001)

Anexo 3

Tabela de factores de correção para multicondutores enterrados

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

Fonte: (Almeida, 2001)

Anexo 4

Características eléctricas dos cabos: VV e VAV

Características Eléctricas dos Cabos: VV, VAV

Baixa Tensão – Condutor em Cobre - Revestimento em PVC

Secção Nominal mm ²	1 Condutor			2 Condutores (5)			3, 4 e 4+T Condutores (6)		
	Instalação Subterrânea (2) Intensidade A	Instalação ao Ar (3) Intensidade A	Queda de Tensão $\Delta U=V / AKm$ Cos $\phi = 0,8$ (4)	Instalação Subterrânea (2) Intensidade A	Instalação Ao Ar (3) Intensidade A	Queda de Tensão $\Delta U=V / AKm$ Cos $\phi = 0,8$	Instalação Subterrânea (2) Intensidade A	Instalação Ao Ar (3) Intensidade A	Queda de Tensão $\Delta U=V / AKm$ Cos $\phi = 0,8$
0,5	-	12	-	-	10	-	-	9	-
0,75	-	15	-	-	13,5	-	-	12	-
1	-	18	-	-	14,5	34,800	-	13	30,100
1,5	34	23	20,200	30	19	23,300	25	17	20,200
2,5	45	31	12,400	40	26	14,300	35	24	12,400
4	60	42	7,770	50	35	8,940	45	31	7,740
6	75	52	5,220	65	44	6,000	60	42	5,190
10	105	74	3,140	90	61	3,600	80	57	3,120
16	135	96	2,020	120	83	2,300	110	79	1,990
25	180	127	1,310	155	110	1,480	135	96	1,280
35	225	158	0,963	185	132	1,080	165	114	0,946
50	260	184	0,734	220	158	0,822	190	132	0,718
70	345	242	0,533	280	198	0,589	245	171	0,520
95	410	290	0,406	335	237	0,443	295	206	0,393
120	485	343	0,340	380	268	0,368	340	237	0,326
150	550	387	0,299	435	308	0,313	390	272	0,279
185	630	444	0,250	490	343	0,265	445	312	0,238
240	740	523	0,210	570	400	0,218	515	360	0,198
300	855	602	0,183	640	448	0,188	590	413	0,172
400	1015	721	0,160	760	536	0,164	700	492	0,150
500	1170	822	0,140	-	-	-	-	-	-

Fonte: (Eurocabos, 2006)

Anexo 5

Características de resistência máxima em corrente contínua

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

Fonte: Fonte: (Almeida, 2001)

Anexo 6

Potências de transformadores e suas características

Potência transformador (KVA)	Corrente secundária (A)	Tipo disjuntor "SACE"	Tipo relé	Observações
30	43,3	SN - 125	R - 50	—
50	72,2	SN - 125	R - 80	—
100	144,3	SN - 250	R - 200	—
160	230,9	SN - 250	R - 250	—
200	288,9	SN - 400	R - 400	deve ser regulado
250	360,8	SN - 400	R - 400	"
315	454,7	SN - 630	R - 630	"

Fonte: (EDM, 2006)

Anexo 7

Tabela de barramentos de cobre



Universo ELÉTRICO

Tabelas de Equivalência

Barramentos de Cobre

Medida	Peso	Amperagem	Medida	Peso	Amperagem
3/8" x 1/16"	0,135kg	35	1.1/2" x 1/4"	2.150kg	539
1/2" x 1/16"	0,180kg	45	2" x 1/4"	2.870kg	718
3/8" x 1/8"	0,269kg	73	2.1/4" x 1/4"	3.230kg	808
1/2" x 1/8"	0,358kg	97	2.1/2" x 1/4"	3.590kg	898
5/8" x 1/8"	0,448kg	122	3" x 1/4"	4.310kg	1078
3/4" x 1/8"	0,537kg	146	4" x 1/4"	5.740kg	1437
1" x 1/8"	0,717kg	195	1.1/2" x 5/16"	2.690kg	665
1.1/4" x 1/8"	0,896kg	244	2" x 5/16"	3.590kg	885
1.1/2" x 1/8"	1.070kg	292	2.1/2" x 5/16"	4.490kg	1109
2" x 1/8"	1.430kg	390	1" x 3/8"	2.150kg	516
2.1/2" x 1/8"	1.790kg	488	1.1/2" x 3/8"	3.230kg	774
4" x 1/8"	2.870kg	781	2" x 3/8"	4.300kg	1032
1/2" x 3/16"	0,538kg	140	2.1/2" x 3/8"	5.380kg	1291
5/8" x 3/16"	0,673kg	176	3" x 3/8"	6.460kg	1549
3/4" x 3/16"	0,807kg	210	4" x 3/8"	8.610kg	2065
1" x 3/16"	1,080kg	281	1" x 1/2"	2.870kg	656
1.1/4" x 3/16"	1,350kg	351	1.1/2" x 1/2"	4.310kg	994
1.1/2" x 3/16"	1.610kg	421	2" x 1/2"	5.740kg	1312
2" x 3/16"	2.150kg	562	2.1/2" x 1/2"	7.180kg	1640
1/2" x 1/4"	0,718kg	179	3" x 1/2"	8.610kg	1968
5/8" x 1/4"	0,897kg	215	4" x 1/2"	11.500kg	2625
3/4" x 1/4"	1.080kg	269	6" x 1/2"	17.200kg	-
1" x 1/4"	1.440kg	359	2" x 5/8"	7.180kg	1560
1.1/4" x 1/4"	1.719kg	449	2" x 1"	11.480kg	-

* OBS: PESOS E AMPERAGENS APROXIMADAS

Fonte: (Scribd, 2025)

Anexo 8

ABC Aerial Bundled Cables CABOS AÉREOS



CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E ELÉTRICAS						
Código Alcobre	Nº. Cond. x Secção Nominal no x mm ²	Diâmetro exterior aprox. mm	Peso aprox. kg/km	Ralo mínimo de curvatura mm	Intensidade máx. ao Ar 40 °C A	Queda de Tensão Cos φ= 0,8 V/A.km
14501601	AL 10/2	13,2	98	180	55	4,289
14501901	AL 16/2	14,6	135	215	81	3,489
14502001	AL 25/2	20,5	200	300	109	2,226
14521251	AL 35/3+16A+54,6N	30,7	705	440	120	1,632
14521301	AL 35/3+25A+54,6N	33,4	740	450	120	1,632
14521801	AL 50/3+54,6N	30,3	735	440	150	1,229
14521901	AL 50/3+16A+54,6N	32,7	800	500	150	1,229
14522101	AL 50/3+2x16A+54,6N	36,7	890	540	150	1,229
14522001	AL 50/3+25A+54,6N	33,4	840	510	150	1,229
14522801	AL 70/3+16A+54,6N	37,9	1.035	580	190	0,860
14523101	AL 70/3+2x16A+54,6N	43,9	1.120	650	190	0,860
14523001	AL 70/3+25A+54,6N	39,9	1.070	590	190	0,860
14524001	AL 95/3+54,6N	36,7	1.185	540	230	0,652
14524501	AL 95/3+2x16A+54,6N	48,4	1.345	720	230	0,652
14525001	AL 95/3+25A+54,6N	43,9	1.285	650	230	0,652
14527001	AL 120/3+25A+54,6N	47,7	1.492	710	273	0,504
14528001	AL 150/3+2x16A+54,6N	57,1	1.795	850	305	0,446
14528501	AL 150/3+2x95	52,6	2.080	770	305	0,446
14501941	AL 16/4	20,3	266	300	81	3,489
14502501	AL 25/4	24,2	404	360	109	2,226
14522111	AL 50/4+25A	34,3	795	515	150	1,229
14522901	AL 70/4+25A	42,5	1.104	580	190	0,860
14526001	AL 95/4+25A	44,3	1.410	640	230	0,652
14525101	AL 95/4+2x16A	48,4	1.419	720	230	0,652
14563501	AL 120/4	43,2	1.562	640	273	0,504
14527101	AL 120/4+2x16A	52,6	1.695	780	273	0,504

• Outras construções sob consulta.

Fonte: (Alcobre, 2020)

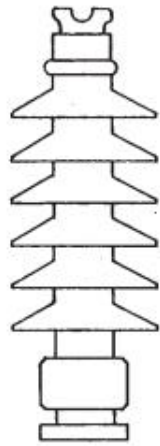
Anexo 9

Quadro 84 - Características Técnicas dos Cabos de Alumínio com Alma de Aço usados em Inglaterra - AL1/ST1A

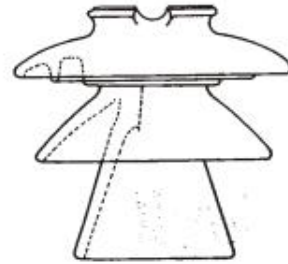
Designação	Área (mm ²)		Nº de fios		Diâmetro fios (mm)		Diâmetro (mm)		Massa por unidade de comprimento (kg/km)	Carga de Rótura Nominal (kN)	Resistência Eléctrica máxima a 20°C (Ω.km)	Módulo de Elasticidade Final N/mm ²	Coeficiente linear de expansão	Capacidade Nominal (1)	Peso de massa Protectora de acordo com EN 50182 (kg/km) (2)			
	Alumínio	Aço	Total	Al	Aço	alumínio	Aço	alma							caço	Caso 1	Caso 2	Caso 3
11-AL1/2-ST1A	10,6	1,8	12,4	6	1	1,50	1,50	1,50	4,50	4,14	2,7027	76000	18,6E-6	85			2,5	0,4
21-AL1/3-ST1A	21,0	3,5	24,5	6	1	2,11	2,11	2,11	6,33	7,87	1,3659	76000	18,6E-6	130			4,9	0,8
26-AL1/4-ST1A	26,2	4,4	30,6	6	1	2,36	2,36	2,36	7,08	9,58	1,0919	76000	18,6E-6	150			6,1	0,9
32-AL1/5-ST1A	31,6	5,3	36,9	6	1	2,59	2,59	2,59	7,77	11,38	0,9065	76000	18,6E-6	170			7,3	1,1
37-AL1/6-ST1A	36,7	6,1	42,8	6	1	2,79	2,79	2,79	8,37	13,21	0,7812	76000	18,6E-6	185			8,5	1,3
42-AL1/7-ST1A	42,4	7,1	49,5	6	1	3,00	3,00	3,00	9,00	15,27	0,6757	76000	18,6E-6	205			9,8	1,5
53-AL1/9-ST1A	52,9	8,8	61,7	6	1	3,35	3,35	3,35	10,1	18,42	0,5419	76000	18,6E-6	240			12,2	1,9
63-AL1/11-ST1A	63,1	10,5	73,6	6	1	3,66	3,66	3,66	11,0	25,49	0,4540	76000	18,6E-6	265			14,6	2,3
63-AL1/13-ST1A	63,2	12,5	75,7	6	1	3,99	3,99	3,99	12,0	32,79	0,3820	76000	18,6E-6	280	7,3		22,0	12,0
75-AL1/13-ST1A	75,0	12,5	87,5	6	1	3,99	3,99	3,99	12,0	32,79	0,3820	76000	18,6E-6	300			17,4	2,7
79-AL1/14-ST1A	78,8	13,1	92,0	6	1	4,09	4,09	4,09	12,3	33,83	0,3635	76000	18,6E-6	305	8,5		25,5	13,9
84-AL1/14-ST1A	83,9	14,0	97,9	6	1	4,22	4,22	4,22	12,7	33,88	0,3415	76000	18,6E-6	320			18,2	2,8
95-AL1/16-ST1A	95,4	15,9	111,3	6	1	4,50	4,50	4,50	13,5	38,53	0,3003	76000	18,6E-6	345			19,4	3,0
105-AL1/17-ST1A	105,0	17,5	122,5	6	1	4,72	4,72	4,72	14,2	42,38	0,2750	76000	18,6E-6	370			22,1	3,4
105-AL1/14-ST1A	105,0	13,6	118,6	6	7	4,72	1,57	4,71	14,2	39,40	0,2733	57000	22,3E-6	370			24,3	3,8
132-AL1/20-ST1A	131,7	20,1	151,8	26	7	2,54	1,91	5,73	15,9	52,07	0,2192	72000	19,0E-6	425	4,3	16,0	34,8	22,8
132-AL1/7-ST1A	131,5	7,3	138,8	18	1	3,05	3,05	3,05	15,3	41,88	0,2188	63000	21,0E-6	420			22,0	44,0
131-AL1/31-ST1A	131,2	30,6	161,9	30	7	2,36	2,36	7,08	16,5	60,22	0,2202	80000	17,9E-6	430	6,1	18,3	36,5	25,2
158-AL1/37-ST1A	138,1	36,9	194,9	30	7	2,59	2,59	7,77	18,1	72,53	0,1829	80000	17,9E-6	485	7,3	22,0	44,0	30,3
158-AL1/9-ST1A	138,1	36,9	194,9	30	7	2,59	2,59	7,77	18,1	72,53	0,1829	80000	17,9E-6	485			10,1	30,5
185-AL1/43-ST1A	183,4	42,8	226,2	30	7	2,79	2,79	8,37	19,5	84,16	0,1576	80000	21,0E-6	535	8,5	25,5	51,1	35,2
184-AL1/10-ST1A	184,2	10,2	194,5	18	1	3,61	3,61	3,61	18,1	58,67	0,1562	63000	21,0E-6	525			14,2	42,7
212-AL1/49-ST1A	212,1	49,5	261,5	30	7	3,00	3,00	9,00	21,0	97,31	0,1363	80000	17,9E-6	585	9,8	29,5	59,0	40,7
238-AL1/12-ST1A	210,6	11,7	222,3	18	1	3,86	3,86	3,86	19,3	67,08	0,1213	63000	21,0E-6	570			16,2	48,9
238-AL1/56-ST1A	210,6	11,7	222,3	18	1	3,86	3,86	3,86	19,3	67,08	0,1213	63000	21,0E-6	570			16,2	48,9
264-AL1/62-ST1A	264,4	61,7	326,1	30	7	3,35	3,35	10,05	23,5	109,34	0,1093	80000	17,9E-6	635	11,0	33,2	66,3	45,7
324-AL1/76-ST1A	324,3	75,7	400,0	30	7	3,71	3,71	11,13	26,0	148,82	0,0891	80000	17,9E-6	775	15,0	45,1	90,3	62,2
375-AL1/88-ST1A	375,1	87,5	462,6	30	7	3,99	3,99	11,97	27,9	172,13	0,0771	80000	17,9E-6	850	17,4	52,2	104,4	72,0
374-AL1/48-ST1A	374,1	48,5	422,6	54	7	2,97	2,97	8,91	26,7	141,38	0,0773	70000	19,4E-6	840	9,6	37,9	96,4	73,7
382-AL1/49-ST1A	381,7	49,5	431,2	54	7	3,00	3,00	9,00	27,0	144,25	0,0758	70000	19,4E-6	850	9,8	59,0	98,4	75,2
430-AL1/100-ST1A	429,6	100,2	529,8	30	7	4,27	4,27	12,81	29,9	179,00	0,0673	80000	17,9E-6	930	19,9	59,8	119,6	82,4
429-AL1/56-ST1A	428,9	55,6	484,5	54	7	3,18	3,18	9,54	28,6	162,08	0,0674	70000	19,4E-6	915	11,0	66,3	110,5	84,4
477-AL1/111-ST1A	477,1	111,3	588,5	30	7	4,50	4,50	13,50	31,5	218,95	0,0606	80000	17,9E-6	995	22,1	66,4	132,8	91,5
476-AL1/62-ST1A	476,0	61,7	537,7	54	7	3,35	3,35	10,05	30,2	179,88	0,0608	70000	19,4E-6	980	12,2	73,6	122,7	93,7
528-AL1/69-ST1A	528,5	68,5	597,0	54	7	3,53	3,53	10,59	31,8	199,73	0,0547	70000	19,4E-6	1050	13,6	81,7	136,2	104,0

Fonte: (SOLIDAL, 2007)

Anexo 10



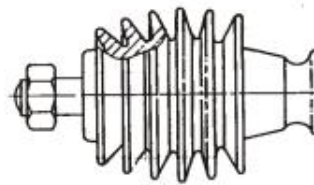
STV-35KV



NGK-33KV



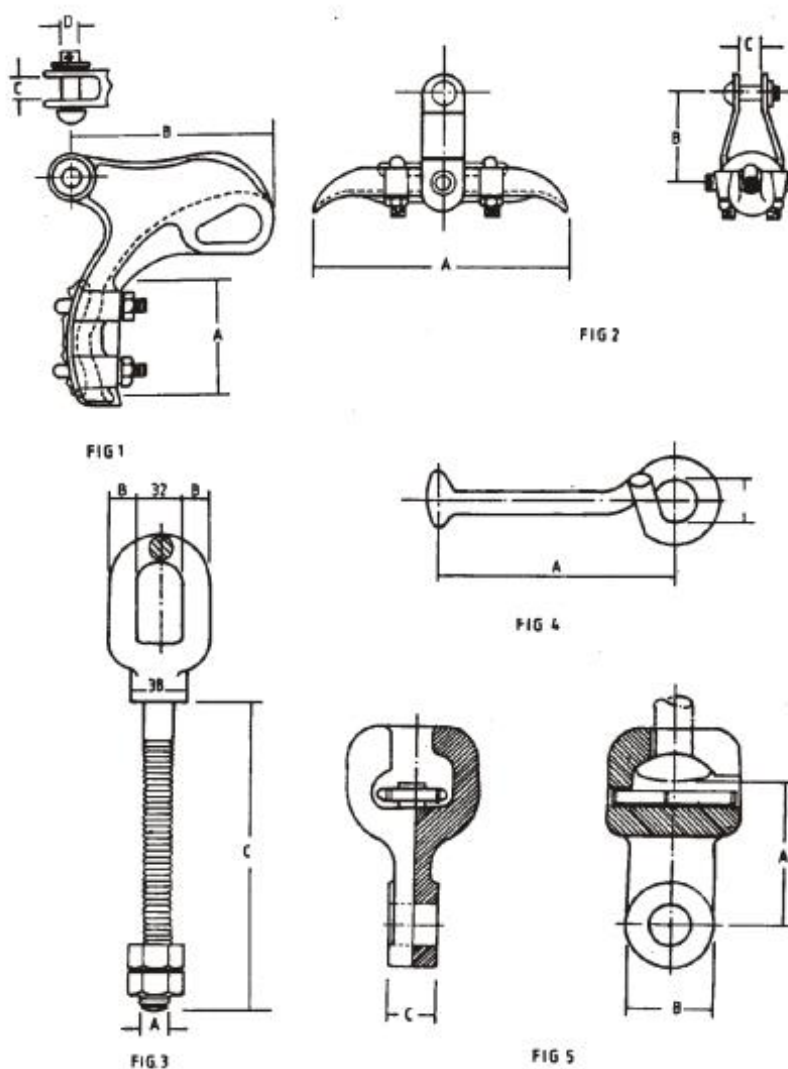
LF 60/5



ALH-35KV

Título	Isoladores rígidos utilizados na Rede
Fonte:	Electricidade De Moçambique E.P. Direção de Distribuição – Manual de montagem de postos de transformação rurais M5, Julho de 2006
Desenho número	2

Anexo 11



Tipo n°	Fig. n°	DIMENSÕES (mm)				DESIGNAÇÃO
		A	B	C	D	
EA 5	1	100	172	19	16	Pinça de amarração
EB 28	2	241	100	18		Pinça de suspensão
VC 33	3	16	16	233		Argola com espigão
VC 29	4	78				Bola-gancho
EC 70	5	60	38	16		Rotula olhal

Título	Ferragens para cadeias
Fonte:	Electricidade De Moçambique E.P. Direção de Distribuição – Manual de montagem de postos de transformação rurais M5, Julho de 2006
Desenho número	3

PEÇAS DESENHADAS (APÊNDICES)