

UNIVERSIDADE POLITÉCNICA  
A POLITECNICA  
INSTITUTO SUPERIOR UNIVERSITARIO DE TETE - ISUTE

Projecto de linha de Distribuição 22kV para alimentar 550 casas do condomínio Vulcan  
Village - Mina da Vulcan em Moatize

Claudia Marina Victor Saene Chatonda Elija

Tete  
2024

Claudia Marina Victor Saene Chatonda Elija

Projecto de Linha de Distribuição 22kV para alimentar 550 casas do condomínio Vulcan  
Village - Mina da Vulcan em Moatize

Monografia apresentada à Universidade  
Politécnica, Instituto Superior  
Universitário de Tete como requisito  
parcial para a obtenção do Grau de  
Licenciada em Engenharia elétrica.

Tutor: Engenheiro João Sales

Tete  
2024

Tutor: João Paulo Sales

Eu João Paulo Sales, Engenheiro Eletrotécnico, graduado pela Universidade Eduardo Mondlane, docente a tempo parcial nesta instituição de ensino e supervisor do candidato ao grau de Licenciatura em Engenharia Eléctrica, Claudia Marina Chatonda Elija.

O presente trabalho resulta de uma pesquisa teórica e de campo realizada pela candidata, com o tema: Projeto de Linha de Distribuição de 22kV para alimentar 550 casas da Vila da Vulcan - Mina da Vulcan em Moatize. Este trabalho constitui matéria de extrema importância com vista melhorar a qualidade de vida dos funcionários o que se enquadra dentro da missão, visão e valores da empresa.

A candidata cumpriu integralmente com os procedimentos teóricos, práticos e metodológicos em busca de uma compreensão científica do problema a ser estudado o que lhe deu a possibilidade, a partir dos resultados primordiais, apresentou os seus pontos de vista teórico, prático e recomenda estratégias e proposta de intervenção.

Por isso, na qualidade de tutor, aprovo este trabalho a Universidade Politécnica – A Politécnica, como elemento principal para culminação do curso de Licenciatura em Engenharia Eléctrica.

Tete, aos 24 de Abril de 2024

O Tutor

---

(Lic. João Paulo Sales)

### **Dedicatória**

Dedico este trabalho aos meus pais, por me terem ensinado os valores da vida (o amor, honestidade e humildade), pelo constante apoio, motivação, por sempre acreditarem em mim e me incentivarem na busca de conhecimento.

## **Agradecimentos**

Primeiramente, agradeço a Deus, por ter iluminado o meu caminho durante toda a minha jornada acadêmica, por me ter dado força, paciência e sabedoria de nunca interromper esta difícil e longa caminhada.

Agradeço aos meus pais por me terem feito membro deste mundo, por me fazerem perceber que os melhores amigos que poderia ter durante esse percurso são a caneta e os cadernos, pelo apoio incondicional em todos momentos independentemente da distância; ao apoio direto ou indireto das minhas irmãs que deram para que este percurso se concretizasse.

Ao professor e orientador Eng. João Sales, pela dedicação e paciência para comigo durante a realização deste trabalho.

Agradeço especialmente aos meus pais “que Deus os tenha”, o meu marido e meus irmãos, pela enorme força e outras formas de apoio que deram quando mais precisei; a família toda que de uma ou de outra forma prestaram o seu contributo; a todos meus professores e colegas de turma que sempre acreditaram em mim.

Este trabalho dedico especialmente aos melhores pais que Deus me deu, que dentro das suas dificuldades deram um muito de si, deixando seus planos de lado para que eu chegasse até aqui.

## Resumo

O presente trabalho tem como objetivo apresentar um projecto de uma linha de media tensão que vá alimentar 550 casas de uma vila a ser construída dentro da mina da Vulcan. Para sua construção foram apresentados elementos essenciais para o seu entendimento, tais como: a estrutura e o funcionamento do sistema eléctrico de potência nacional. Determinou-se o melhor traçado possível para a rede, rotas dos cabos de baixa tensão, o trecho de linha é de aproximadamente 4 quilómetros, para um espaço de zona industrial e de pouca exposição. Pela análise comparativa assim como pela estimativa de custos feitos a sua implementação é viável visto, que o projecto propõe uma solução económica. O trabalho segue as diretrizes da ECSA e os padrões da indústria para garantir o fornecimento de energia eficiente, execução de qualidade, importancia da protecção no sistema elettrico , a divisão da rede de distribuição em blocos. Tudo isso foi pensado para que número de interrupção de energia seja o menor possível, e assim não cause prejuízos aos consumidores. Também inclui a autoridade de fornecimento Electrico, o escopo do trabalho e a conformidade com várias normas, como IEC e SANS. Também fornece filosofias de projeto detalhadas, critérios de seleção de materiais, procedimentos de instalação de cabos, requisitos de carga e alocação para diferentes categorias residenciais e comerciais. O plano considera aspetos essenciais, como requisitos de terra, filosofias de instalação e filosofia de protecção para o projeto da rede de distribuição Os dados coletados correspondem ao levantamento das cargas da instalação e a medição da resistência eléctrica, nisto faz-se o Dimensionamento de linha de média tensão e de rede de baixa tensão, e estimativas e no ultimo capitulo, são apresentadas as conclusões e recomendações do trabalho.

**Palavras-chave:** Electrical lines, Project, Sizing, cables, Medium voltage.

## **Abstract**

The present work aims to present a project for a medium voltage line that will supply 550 houses in a village to be built inside the Vulcan mine. For its construction, essential elements were presented for its understanding, such as: the structure and functioning of the national electrical power system. The best possible route for the network was determined, low voltage cable routes, the line stretch is approximately 4 kilometers, for an industrial area with little exposure. Through the comparative analysis as well as the estimated costs made, its implementation is viable as the project proposes an economic solution. The work follows ECSA guidelines and industry standards to ensure efficient energy supply, quality execution, importance of protection in the electrical system, division of the distribution network into blocks. All of this was designed so that the number of power outages is as low as possible, and thus does not cause harm to consumers. It also includes Electrico supply authority, scope of work and compliance with various standards such as IEC and SANS. It also provides detailed design philosophies, material selection criteria, cable installation procedures, load requirements and allocation for different residential and commercial categories. The plan considers essential aspects, such as land requirements, installation philosophies and protection philosophy for the distribution network project. The data collected corresponds to the survey of the installation loads and the measurement of electrical resistance, in this way the line sizing is carried out medium voltage and low voltage network, and estimates and in the last chapter, the conclusions and recommendations of the work are presented.

**Keywords:** Overhead lines, Project, Dimensioning and Power determination.

## Lista de Figuras

Figura 1 – Coordenadas da Vila da Vulcan.....	18
Figura2 – Mapa geral Vulcan Village .....	19
Figura3: Previsão das moradias e infraestruturas .....	20
Figura4: Previsão do estilo de vida na vila da Vulcan .....	20
Figura5. Rede Eléctrica de B.T em Cabo Torçado .....	23
Figura 6. Pinça de Amarração .....	24
Figura 7 – Pinça de suspensão .....	24
Figura 8 - Para-raios .....	25
Figura 9. Fusível ou Drop-outs .....	26
Figura 10. Isoladores .....	26
Figura 11 – Poste de concreto, com respetivos isoladores .....	27
Figura 12: Monobloco compacto de Betão.....	47
Figura 13. Transformador.....	48
Figura 14. Condutor ACSR .....	50
Figure 15: Ilustração do ponto de derivação e percurso da linha.....	60

## Lista de Tabelas

Tabela 1: Novas cargas a serem instaladas no sistema elétrico.....	29
Tabela 2: Cabos e condutores dos últimos postes de média tensão.....	29
Tabela 3: Estimativa de demanda de energia elétrica das infraestruturas.....	31
Tabela 4. Dimensões casa Modelo3 tipo.....	33
Tabela 5. Dimensões casa Modelo2 tipo 2.....	36
Tabela 6. Dimensões casa Modelo1 tipo 3.....	39
Tabela 7: Cálculo do Loteamento das cargas.....	44
Tabela 8: Distribuição dos transformadores.....	46
Tabela 9: Carregamento dos Transformadores na Substação Principal.....	53
Tabela 10: Carregamento dos Cabos e Condutores de Media Tensão.....	53
Tabela 11: Resultado de variação de Tensão e Potencia nos barrametros.....	53
Tabela 12. Lista de materiais e quantidades para contrução da linha do vulcan village.....	59

## **Lista de Anexos**

Anexo I: Fim de linha da linha C.....	63
Anexo II: Poste de Betão desenho técnico.....	64
Anexo III: Planta de circuitos e distribuição de transf.....	65
Anexo IV: Master Layout Rede eléctrica Vulcan village.....	66
Anexo V: Diagrama unifilar eléctrico vulcan village.....	67

## Lista de Apêndices

Apêndice I: Autorização recolha de dados.....	67
Apêndice II: Termo de consentimento.....	68
Apêndice III: Termo de Entrada de Projeto .....	69
Apêndice IV: Memoria descritiva .....	70
Apêndice V: Estudo de fluxo de potência Vulcan Village.....	71

## **Lista de Esquemas**

Esquema 1: Diagrama unifilar simplificado da subestação principal da mina de Moatize...58
Esquema 2: Diagrama eléctrico unifilar Vulcan Village.....60

## Lista de siglas

DNE – Direcção Nacional de Energia;

QGBT – Quadro Geral de Baixa Tensão

PT – Posto de Transformação

BT – Baixa Tensão

MT – Media Tensão

IEC – Comissão Eletrotécnica Internacional

XLPE – Polietileno reticulado

ACSR-Alumínio Reforçado com Ala de Aço

IP – Classificação de proteção de ingresso (ou apenas classificação IP)

DST – Padrão de Distribuição

ADMD – Depois da Demanda Máxima da Diversidade

MVA – Megavolt-amperes

PVC – Cloreto de Polivinil

LED – Díodo Emissor de Luz

LUX – Lux é uma unidade padronizada de medida de intensidade do nível de luz

ONAN - Óleo natural, ar natural. Refrigeração transformador

ONAF - Óleo natural, ar forçado. Refrigeração transformador

HCB - Hidroelétrica de Cahora Bassa

RSIUEE - Regulamento de Segurança de Instalações de Utilização de Energia Eléctrica

## Lista de abreviaturas

S – Secção total do condutor ( $\text{mm}^2$ ) ;  $\emptyset$  – Diâmetro total do condutor (mm)

$\cos \varphi$  – Factor de potência; L - Indutância por quilómetro (H/Km)

XL - Reactância quilométrica ( $\Omega/\text{Km}$ )

$\Delta u$  – Queda de tensão (V)

$U_n$  – Tensão nominal da linha (V)

RL -Resistência da linha ( $\Omega$ )

$I_n$  – Corrente nominal da linha (A)  $I_{\max}$  –

Corrente máxima (A)

$S_{cc}$  – Potência de curto – circuito em kVA

$U_{cc}$  – Tensão de curto – circuito percentual %

$S_n$  – Potência nominal (VA)

$S_{\emptyset}$  – Potência unitária recomendada por área

## SUMÁRIO

1. CAPITULO I.....	17
1.1. Introdução.....	17
1.2. Definição do Problema.....	17
1.3. Justificativa.....	17
1.4. Objetivos .....	18
1.4.1. Objetivo geral.....	18
1.4.2. Objetivos específicos .....	18
1.5. Hipóteses .....	18
1.6. Caracterização do Objeto de Estudo .....	19
2. CAPÍTULO II.....	22
2.1. Revisão da Literatura .....	22
2.1.1. Rede elétrica.....	22
2.1.2. Rede elétrica primária .....	22
2.1.3. Rede elétrica secundária .....	22
2.1.4. Rede da B.T .....	23
2.1.5. Redes Aéreas Em Cabo Torçado .....	23
2.1.6. Principais Componentes da Linha da Aérea e acessórios .....	24
3. CAPITULO III. ....	29
3.1. Metodologia .....	29
3.2. Investigação do Estudo de Seletividade feito pela Área de Energias.....	29
3.3. Estudo de Cabos e condutores de média tensão .....	30
3.4. Cargas a serem consideradas para o nosso projeto.....	31
3.5. Constituição do loteamento e potências a alimentar/instalar.....	32
3.5.1. Cálculo da carga das casas .....	33
3.5.2. Cálculo da carga da iluminação pública .....	43
3.5.3. Tipo de Postos de Transformação .....	44
3.5.4. Cella de Transformação .....	46
3.5.5. Compartimento do transformador.....	46
3.5.5.1. Acessórios.....	47
3.5.6. Localização dos cabos Elétricos .....	47
3.5.7. Proteção de pessoas e circuitos de terra .....	48
3.5.8. Seleção dos Materiais .....	48
3.5.9. Fator de Desvalorização.....	49

3.5.10.	Limites de variação de tensão .....	49
3.5.11.	Carregamento dos Transformadores .....	50
3.5.12.	Carregamento da linha .....	50
4.	CAPITULO IV .....	51
4.1.	Apresentação de dados recolhidos .....	51
4.1.1.	Estudo e Participantes .....	51
4.2.	Cálculo geral das cargas .....	51
4.3.	Postos de transformação .....	53
4.4.	Cálculo de quedas de tensão .....	55
4.5.	Instalação de Cabos .....	55
5.	CAPITULO V .....	57
5.1.	Análise de dados /Resultados .....	57
5.2.	Características do sistema Elétrico .....	57
5.3.	Capacidade Instalada da Subestação Principal .....	58
5.4.	Resultado .....	61
5.5.	Lista de Materiais .....	62
6.	CAPITULO V .....	63
6.1.	Conclusão e Sugestões .....	63
6.1.1.	Conclusão .....	63
6.1.2.	Sugestões .....	64
7.	Referências .....	65
8.	Lista Apendices .....	66
9.	Lista Anexos .....	71

## 1. CAPITULO I.

### 1.1. Introdução

Desde Abril de 2022 a Vulcan Mozambique SA, doravante designada por Vulcan, é a empresa que opera a Mina Carvão Moatize, Província de Tete, Concessão Mineira 867 C, que entrou em operação no início de 2011. A Vulcan é subsidiária 100% da Vulcan International, com ligações acionistas de uma das maiores produtoras de aço do Médio Oriente, que tem um portfólio diversificado de produtos e alcance de mercado global em mais de 25 países e em seis continentes. Além disso, possui operações globais em ferro, aço e mineração.

O carvão extraído e processado na Mina é transportado pela linha ferroviária de Nacala até ao porto de Nacala-a-Velha, onde é exportado para a Índia, as Américas, a Europa e o Leste da Ásia, entre outros destinos através da empresa de logística do grupo, Nacala Logistics.

Este trabalho serve como um documento de projeto básico para fornecer uma visão geral detalhada com relação aos princípios técnicos adotados para garantir um projeto eficiente para a instalação elétrica de uma linha de media tensão que vai alimentar a Vila da Vulcan e que esteja em conformidade com os regulamentos e especificações.

### 1.2. Definição do Problema

A Vulcan tem registado uma grande perda económica na Área de acomodações, isto é, em hotéis, condomínios alugados e viagens, nisto para minimizar estes gastos decidiu contruir uma pequena vila para seus funcionários, para a eletrificação desta vila precisamos de uma linha para alimentar esta vila de 550 casas.

Com tudo isso levanta-se a seguinte questão:

**Que linha de média tensão teremos para alimentar a vila, a recomendada pela EDM ou a usada dentro da mina?**

### 1.3. Justificativa

A escolha do tema " Projeto de linha de Distribuição de 22kV para alimentar 550 casas do Condomínio Vulcan Village – Mina da Vulcan em Moatize" surge da necessidade audaciosa de abordar e compreender os desafios enfrentados no dimensionamento e projeto deste tipo de

infraestrutura vital para este Condomínio. A qualidade e confiabilidade do fornecimento de energia elétrica depende muito da engenharia e dimensionamento adequado, influenciando diretamente a vida cotidiana dos residentes, além de impactar sectores como agricultura, comércio, saúde e educação.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo geral**

Elaborar o projeto de distribuição de 22kV para alimentar 550 casas do condomínio Vulcan Village dentro da mina da Vulcan em Moatize.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

O escopo deste trabalho tem como objetivo:

- Projetar uma linha de media Tensão para alimentar as 550 casas
- Identificar e dimensionar os equipamentos e dispositivos necessário para a proteção da rede de distribuição
- Dimensionar cabos respeitando os regulamentos e normas
- Fazer uma avaliação de estimativas de carga existentes versus aumento da carga a ser acrescentada dentro da subestação existente

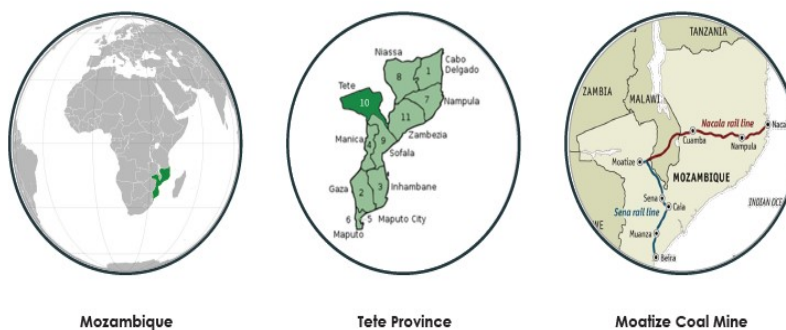
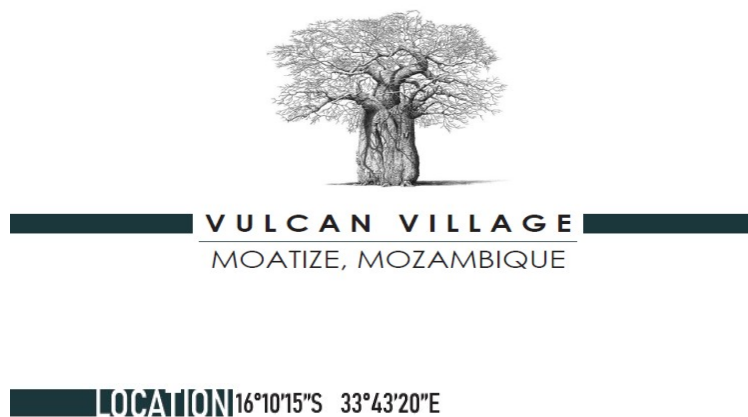
## **1.5. Hipóteses**

**H1:** A apresentação do Projeto da Linha de Distribuição 22kV para alimentar 550 casas do Condomínio Vulcan Village vai trazer vantagens para a empresa e habitantes das áreas em redor.

**H0:** A apresentação do Projeto da Linha de Distribuição 22kV para alimentar 550 casas do Condomínio Vulcan Village não vai trazer vantagens para a empresa e habitantes das áreas em redor.

## 1.6. Caracterização do Objeto de Estudo

*Figura 1 – Coordenadas da Vila da Vulcan*



Fonte: Engenharia de projetos – Vulcan (2023)

O local está localizado perto de Moatize, Moçambique. O terreno ondula com pontos altos/picos óbvios. Há evidências de cursos de água sazonais na forma de depressões lineares na paisagem. Há árvores Baobá significativas espalhadas por toda o site. Zonas tampão são estabelecidas em torno dos elementos de infraestrutura de serviços existentes, como o linhas de alta tensão que recebem 30 m de servidão de cada lado.

O presente projeto é um desenvolvimento habitacional que foi desenhado no âmbito de criar espaço para habitação em forma de condomínio privado destinado aos trabalhadores da Mina de Carvão da Vulcan.

O projecto será implantado numa área de 784.390m<sup>2</sup>, situada dentro da área de concessão da Vulcan, no distrito de Moatize.

*Figura 2 – Mapa geral Vulcan Village*



Fonte: Engenharia de projetos - Vulcan (2023)

O mapa geral da Vulcan Village faz provisão para 550 habitações de trabalhadores apoiada por equipamentos e infraestruturas públicas. O terreno natural e a flora atuam como um informante vital para o planeamento urbano, a rede viária, a formação de bairros, espaços verdes e localização de comodidades. Isso permite que o plano diretor se integre ao ambiente. Vulcan Village está planejada para adotar princípios de cidade de “cidade inteligente” que visa criar um ambiente urbano que produza uma elevada qualidade de vida aos seus moradores. Um dos fatores determinantes de uma “cidade inteligente” é otimizar a cidade funções e impulsionar o crescimento económico, melhorando simultaneamente a qualidade de vida para os seus cidadãos utilizando tecnologia inteligente.

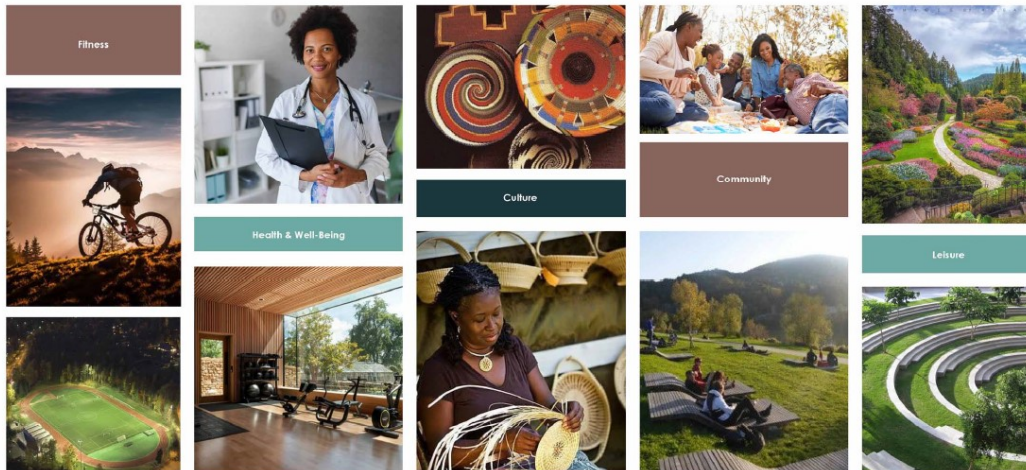
*Figura 3: Previsão das moradias e infraestruturas*



Fonte: Engenharia de projetos - Vulcan (2023)

*Figura 4: Previsão do estilo de vida na vila da Vulcan*

**VULCAN VILLAGE LIFESTYLE** Oasis



Fonte: Fonte: Engenharia de projetos - Vulcan (2023)

## **2. CAPÍTULO II.**

### **2.1. Revisão da Literatura**

Todas as prescrições apresentadas são resultado de escolha criteriosa em função das condições de projeto impostas pelo Dono da Obra a Vulcan, das necessidades do futuro utilizador e no cumprimento de toda a legislação pertinente em vigor, nomeadamente Regras da EDM, do Regulamento de Segurança de Redes de Distribuição de Energia Elétrica em Média e Baixa Tensão, e da demais regulamentação pertinente em vigor, nomeadamente do Regulamento de Postos de Transformação e de Seccionamento e documentos normativos da Vulcan, já que esta infraestrutura será entregue posteriormente a esta entidade. Baseado no trabalho de 2022 - *Chissaque, David Silvino* temos os fundamentos teóricos que fizeram parte do trabalho descritos abaixo abaixo:

#### **2.1.1. Rede elétrica**

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

#### **2.1.2. Rede elétrica primária**

A rede eléctrica primaria é aquela que serve de distribuição funcionando em média tensão. Esta rede compreende todo o troço do sistema eléctrico a funcionar com valores de tensão superiores a 1 KV e inferior ou igual a 66 KV.

#### **2.1.3. Rede elétrica secundária**

A rede eléctrica secundária é aquela que serve de distribuição funcionando em baixa tensão. Esta rede compreende todo o troço do sistema eléctrico a funcionar com valores de tensão inferior de 1 KV e destinada a alimentar instalações de consumo (400V), com exceção de algumas unidades industriais onde a alimentação é feita em M.T. subterrâneo de ramal.

#### 2.1.4. Rede da B.T

As redes eléctricas de baixa tensão são elementos do sistema eléctrico que mais frequentemente estão sujeitos a modificações. A distribuição de energia eléctrica em baixa tensão inicia-se na saída do quadro geral de baixa tensão (QGBT) dos Postos de Transformação (PT). As redes BT podem ser de dois tipos: aéreas ou subterrâneas. As linhas aéreas são de condutores isolados em feixe, designados por cabos torçado (alumínio ou alumínio-aço). Os condutores eléctricos de distribuição em baixa tensão são normalmente constituídos por cinco condutores, sendo um destinado à iluminação pública e os restantes usados para a distribuição de energia. As tensões nas redes são de 220 Volts para a tensão simples e de 380 Volts para a tensão composta.

#### 2.1.5. Redes Aéreas Em Cabo Torçado

Uma rede aérea de cabo torçado é constituída basicamente pelo condutor isolado, a ferragem e a pinça de amarração ou suspensão (dependente da situação), para segurar e regular o cabo, como ilustrado na Figura 5.

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

*Figura 5. Rede Eléctrica de B.T em Cabo Torçado*



Fonte: Internet Grupo ATS

A rede de distribuição em Média Tensão (MT), a partir da origem da derivação será do tipo aérea em cabo de alumínio Mink nú, fixa em postes de concreto com distâncias compreendidas entre os 60m e 80m para a alimentação do PT1 (clinica , escola e Abastecimento de agua), e será do tipo aérea em cabo de alumínio nu, fixa em postes de

concreto a partir da origem de derivação até o muro de vedação do vulcan village, seguindo em cabos subterrâneos para alimentação dos cinco postos de transformação na zona de habitações e comércio (PT1, PT2, PT3, PT4,PTG5) com distâncias compreendidas entre os 60m e 80m.

Os sistemas eléctricos de potência podem ser subdivididos em três grandes blocos:

- **Geração:** tem a função de converter alguma forma de energia em energia eléctrica.
- **Transmissão:** é responsável pelo transporte de energia eléctrica dos centros de produção aos de consumo.
- **Distribuição:** que distribui energia eléctrica recebida do sistema de transmissão aos grandes, médios e pequenos consumidores.

#### **2.1.6. Principais Componentes da Linha da Aérea e acessórios**

- Ferragens
- Ligadores
- Isoladores
- Cabos
- Condutores
- Pinças amarração e suspensão
- Apoios
- Dispositivos de protecção
- Isoladores
- Quadro geral
- Postes
- Transformador

##### **2.1.6.1. Ferragens**

Ferragens são peças metálicas fabricadas para suportar esforços mecânicos do peso de condutores, também são galvanizadas por imersão a quente, com uma massa de revestimento de zinco para resistir a efeitos de corrosão. As ferragens a utilizar, nomeadamente: espigão, anilhas e parafusos.

### 2.1.6.2. Ligador

Ligador é o dispositivo destinado a liar eletricamente e mecanicamente dois ou mais condutores.

### 2.1.6.3. Pinças

Pinça amarração - utilizadas como elemento de ligação entre o cabo torçado e a ferragem da rede, ilustrado na Figura abaixo:

*Figura 6. Pinça de Amarração*



Fonte: Internet Grupo ATS

Pinça suspensão - utilizadas como elementos de ligação entre o cabo torçado e a ferragem da rede, tendo com principal função regular o cabo.

*Figura 7 – Pinça de suspensão*



Fonte: Internet Grupo ATS

### 2.1.6.4. Apoios (Postes)

Os apoios podem ser de betão armado, metálicos ou madeira. Os apoios podem ser implantados diretamente no solo ou consolidados por fundações adequadas de modo que assegure a sua estabilidade, tendo em conta a natureza do solo e a ação de forças intervenientes, devendo observar-se na sua implantação os seguintes critérios

1. Os apoios metálicos serão encastrados em maciços de betão;
2. Os apoios de betão armado podem ser encastrados em maciços de betão ou implantados diretamente no solo;
3. Os apoios de madeira, regra geral, deverão ser implantados diretamente no solo. No caso geral de implantação de postes directamente no solo, a profundidade mínima de encastramento, em metros, será igual a:

### 2.1.6.5. Condutores

$$h = \frac{H}{10} + 0,5$$

Nas linhas aéreas, são usados condutores nus multifilares em alumínio-aço, pois apresentam maior resistência mecânica em relação ao cobre. Os condutores em alumínio-

açõ são constituídos por uma alma de aço galvanizado, de um ou mais fios, envolvida por duas ou três camadas sucessivas de fios de alumínio todos eles enrolados em hélice.

#### 2.1.6.6. Dispositivos de Proteção

1. Para-raios – são destinados a proteção contra sobretensões de origem atmosférica;

*Figura 8 - Para-raios*



Fonte: Internet Grupo ATS

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

3. *Figura 9. Fusível ou Drop-outs*



Fonte: Internet Grupo ATS

4. Disjuntor de baixa tensão – protege o transformador de falhas elétricas da rede, como sobrecarga e curto-circuito;
5. Fusível APC de baixa tensão e iluminação pública – protege as saídas do transformador contra sobrecarga e curto-circuito.

#### 2.1.6.7. Isoladores

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

**Figura 10. Isoladores**



Fonte: Internet Grupo ATS

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

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

O isolador do pino de porcelana vai ser utilizado em conjunto com o pino de aço, para instalação no topo do poste e/ou cruzeta. O laço de distribuição é um acessório opcional para fixar o condutor firmemente na parte superior do isolador do pino

#### **2.1.6.8. Aplicação dos apoios (Postes)**

Nas linhas Aéreas dependendo das curvas e relevo temos apoios(postes) montados em:

a) Alinhamento

São postes montados em linha Reta.

b) Postes de Ângulos

São postes montados em locais em que a linha demonstra curvas e acentuações.

c) Postes de Derivação

São postes que são montados na pescada da linha, onde derivamos a corrente da linha a ser implementada.

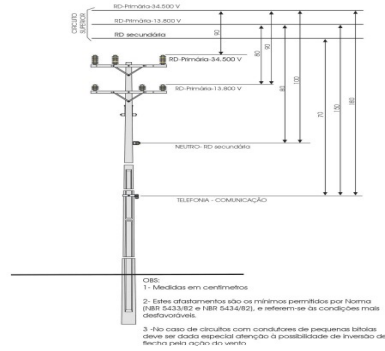
d) Postes de Fim de linha

São últimos postes seguindo o transformador.

e) Postes de início de linha

São primeiros postes depois da derivação ou depois de uma subestação.

**Figura 11** – Poste de concreto, com respetivos isoladores Anexo 2



Fonte: Engenharia de projectos Vulcan (2023)

### 2.1.6.9. Transformador de Distribuição

O transformador é um instrumento usado para registar ou mudar a energia eléctrica de um nível de tensão para outro, seja superior ou inferior, mantendo a frequência constante, por meio da acção de campo magnético. Ele também é relevante para o transporte da energia de um local para outro por conta da sua eficiência, transmissão e rapidez. Os postos de transformação são inseridos nas redes próximos dos centros de consumo, em diferentes áreas geográficas e com exigências diversas: zonas rurais e urbanas, ou elevada densidade de carga, com média ou elevada exigência de qualidade de serviço, de domínio público ou privada.

### 3. CAPITULO III.

#### 3.1. Metodologia

A elaboração desse trabalho será desenvolvida com base na aplicação das seguintes metodologias:

**Revisão bibliográfica:** a revisão consistirá na pesquisa e leituras de livros, catálogos eletrônicos e físicos, conteúdos da internet. Pesquisa bibliográfica relacionada com o dimensionamento de redes de distribuição aérea e subterrânea de energia eléctrica. Pesquisa em páginas da internet, que aborde temas relacionados a tecnologia de rede de distribuição subterrânea de energia eléctrica.

Consulta aos manuais e catálogos dos fornecedores de cabos e condutores eléctricos

Consulta das normas ou regulamentos sobre dimensionamento de redes de distribuição subterrânea de energia eléctrica.

**Pesquisa de campo:** com base em visitas da rede Electrica existente e a rota da linha projetada, consultas ao supervisor e aos técnicos da área de manutenção de redes de distribuição de média e baixa tensão e Area de energias.

- **Modelação computacional:** será por meio do Programa Eletrónico AutoCad, nele serão elaborados diagramas e desenhos constituintes do projecto. E também será por meio do Programa Google Maps, onde serão elaborados todos os perfis da linha, assim como todo o percurso da rede em estudo.

A pesquisa é também aplicada pois procura dar conhecimentos que são aplicados praticamente para solucionar os problemas que poderão advir posteriormente.

De acordo com as parciais da pesquisa é exploratória pois visa conhecer os factos relacionados ao terreno e recuperar as informações disponíveis. E é pesquisa do campo porque a coleta de dados e a observação dos factos foram realizados na memoria descritiva de construção de 550 casas da vila da Vulcan.

#### 3.2. Investigação do Estudo de Seletividade feito pela Área de Energias

Os transformadores foram modelados com base nas potências e impedâncias informadas nos documentos de referência.

Foi considerado que o fator de potência deve ser no mínimo 0,95 na Subestação de Matambo conforme requisito do contrato com EDM.

Foi considerado que a Vulcan Village será alimentada pela extensão da linha C a partir da Clínica interna (PTG02), visto que existe um projeto de utilização reserva para alimentar as cargas administrativas (alojamentos A, B, C, escritórios de Geologia, Clínica)

A nova carga a ser instalada na Vulcan Village é de aproximadamente 2,6MVA, correspondente a 5 transformadores de 500kVA e 1 de 100kVA, conforme tabela abaixo.

**Tabela 1:** *Novas cargas a serem instaladas no sistema elétrico*

Subestação de Origem	Disjuntor de Saída	LCs / cargas Alimentadas	Carga Nominal
LC00B	Linha C	Vulcan Village	5 x 500kVA, 1 x 100 kVA

Fonte: Área de Energias da Vulcan (2023)

### 3.3. Estudo de Cabos e condutores de média tensão

Para a avaliação dos limites de operação dos cabos de força desde a Subestação LC00B até a Vulcan Village, adotou-se os cálculos realizados no documento RL-5501ME-E-09873 apresentados abaixo:

**Tabela 2:** *Cabos e condutores dos últimos postes de média tensão*

LC	Tag do Cabo	Tipo	Corrente Nominal (A)	Suportabilidade Calculada (A)
Linha C	C. J21 22/33kV	BS6622	400	307,5
Linha C	C. LC00B LAST POLE A	Hare	360	290
Linha C	C. Last Pole A PT Kentz	Hare	360	290
Linha C	Line 10	Hare	360	290
Linha C	Line 9	Hare	360	290
Linha C	C. LAST POLE D VV	Hare	360	290

Fonte: Área de Energias da Vulcan (2023)

Segundo o documento RL-5501ME-E-09873: Uma vez que a localidade da planta de Moatize provavelmente apresenta temperaturas ambiente superiores à temperatura ambiente considerada por fabricantes dos condutores de alumínio (30°C na maioria dos casos), utilizou-se a norma IEEE Std 738™ - 2012 “IEEE Standard for Calculating the Current-Temperature

Relationship of Bare Overhead Conductors’’ para o cálculo de capacidade das linhas de distribuição instalados na mina.

O modelo matemático adotado foi o “steady-state case” no qual a capacidade de condução de corrente do condutor é influenciada pela temperatura ambiente máxima da região, bem como as condições climáticas estimadas.

Para as condições climáticas, utilizou-se as mesmas adotadas no documento de especificações técnicas do transformador com nr FD-0549ME-E-41005 **ANEXO 2**.

- Temperatura Ambiente Máxima: 50 °C
- Temperatura Máxima do Condutor: 75 °C
- Velocidade do Vento: 0.5 m/s
- Altitude acima do mar: 130 m
- Latitude: 16°4’
- Emissividade Solar: 0.6
- Absorção Solar: 0.5
- Frequência: 50 Hz

O sistema elétrico de Moatize possui quatro tipos de linhas de distribuição, sendo: GOAT, HARE, MINK, RABBIT, esses são os nomes dos códigos dos Cabos de alumínio nú com alma de aço, que foram mais usados nas linhas de transmissão da Vale – Vulcan e a nossa rede vai dar continuidade de uma das linha HARE.

#### **3.4. Cargas a serem consideradas para o nosso projeto**

- Modelo Tipo 1 de Casas
- Modelo Tipo 2 de Casas
- Modelo Tipo 3 de Casas
- Clube - Composto por restaurante, sauna, campos para a prática de desporto.
- Escola
- Clínica

Para a estação de tratamento de água não será incluso o dimensionamento porque vai partir de uma estação que esta próxima, com uma distância de 500 metros e a carga será adicionada na estação existente não interferindo no nosso dimensionamento.

### 3.5. Constituição do loteamento e potências a alimentar/instalar

Para definição da potência total instalada do loteamento foram consideradas as seguintes potências unitárias:

Tabela 3: Estimativa de demanda de energia elétrica das infraestruturas

Tipologia	Quantidade	Potencia (kVA)
Modelo 1, 3 Quartos	10	29,3
Modelo 2, 3 Quartos	60	14,3
Modelo 3, 2 Quartos	480	10,6
Escola	1	12,5
Clínica	1	20,5
Atividades Económicas- mercados	1	16
Iluminação Publica	165	20,6

Fonte: Claudia Chatonda Elija (2023)

As linhas MT (média tensão) indexadas por um topógrafo.

[ANEXO \(DESENHO TOPOGRAFO\)](#) ANEXO 1, foram realizados e aprovados estudos de impacto ambiental;

As servidões para a Estação de Comutação e Subestação foram registadas a favor da Electricidade de Moçambique, EP (EDM).

A linha aérea será suportada ou apoiada por Travessas galvanizadas fixas ao poste de concreto, com respetivos isoladores.

- Isolador de Pino de Porcelana
- Material: Porcelana
- Padrão: IEC / ANSI / BS / AS
- Força Cantilever: 7-13kN
- Cor: Marrom / Cinza
- Opção: esmalte semiconductor
- Tensão de serviço 22kV

### 3.5.1. Cálculo da carga das casas

De acordo com o comentário 1 do artigo 435 do Regulamento de Segurança de Instalações de Utilização de Energia Eléctrica (RSIUEE), aprovado pelo Decreto-Lei nr 740/74, de 26 de dezembro, recomenda-se que as instalações de utilização a estabelecer em locais residenciais ou de uso profissional sejam dimensionadas com base nos valores mínimos seguintes:

- a) para instalações de iluminação e tomadas para usos gerais: 25 VA/m<sup>2</sup> ;
- b) para instalações, fixas ou não, de climatização ambiente eléctrica: 80 VA/m<sup>2</sup> .

Conforme o disposto em 803.2.4.3.1 das Regras Técnicas PARTE 5 / Secção 51 (Edição de 2000), para o cálculo das instalações coletivas e entradas, não devem ser consideradas, para as instalações eléctricas (de utilização) em locais de habitação, potências nominais inferiores às seguintes:

- ❖ 3,45 kVA, em monofásico (15 A, em 230 V), em locais de 1 compartimento;
- ❖ 6,9 kVA, em monofásico (30 A, em 230 V), em locais de 2 a 6 compartimentos;
- ❖ 10,35 kVA, em monofásico (45 A, em 230 V), em locais com mais de 6 compartimentos.

No caso de instalações com recetores trifásicos, as alimentações devem ser trifásicas e o valor mínimo das potências a considerar no dimensionamento deve ser: 10,35 kVA, em trifásico (15 A, em 400V). Considerando uma de 380/220 V, os valores das potências mínimas a considerar no dimensionamento serão:

- ❖ 3,3 kVA, em monofásico (15 A), em locais de 1 compartimento;
- ❖ 6,6 kVA, em monofásico (30 A), em locais de 2 a 6 compartimentos;
- ❖ 9,9 kVA, em monofásico (45 A), em locais com mais de 6 compartimentos;
- ❖ 9,9 kVA, em trifásico (15 A), para instalações com recetores trifásicos.

- c) Para instalações de máquinas de lavar: 3,3 kVA;
- d) Para instalações de cozinha eléctrica:

Até três divisões principais: 3 kVA;  
Para quatro divisões principais: 4kVA;  
Para cinco divisões principais: 5 kVA;  
Para mais de cinco divisões principais: 8 kVA;

e) Para instalações de aquecimento eléctrico de água:

Até três divisões principais: 1,5kVA;  
Para quatro e cinco divisões principais: 2kVA;  
Para mais de cinco divisões principais: 3 kVA

De acordo com o número 2 do artigo 435, a determinação da potência total a considerar no dimensionamento das instalações a estabelecer em locais residenciais ou de uso profissional, de acordo com a recomendação expressa no comentário anterior, deve ser feita da forma seguinte:

- a) Havendo instalação fixa de climatização ambiente, de aquecimento de água e de aparelhos de cozinha, não eléctricos, as instalações são dimensionadas para os valores correspondentes a iluminação e tomadas para usos gerais (25 VA/m<sup>2</sup> ) e, pelo menos, a uma máquina de lavar;
- b) Havendo instalação fixa de aquecimento de água e de aparelhos de cozinha, não eléctricos, as instalações são dimensionadas para os valores correspondentes a iluminação e tomadas para usos gerais e climatização ambiente (25 VA/m<sup>2</sup> +80VA/m<sup>2</sup> = 105 VA/m<sup>2</sup>) e, pelo menos, a uma máquina de lavar;
- c) Não havendo instalações fixas de aquecimento de água e de aparelhos de cozinha, não eléctricos, as instalações são dimensionadas tendo em atenção também os valores indicados nas alíneas d) e e) do comentário anterior.

#### **3.5.1.1. Residência Modelo 3 Tipo 2**

Conforme as áreas totais de cada compartimento das residências do modelo em referência abaixo a tabela ilustrativa:

Tabela 4. Dimensões casa Modelo3 tipo 2

Item	Compartimento	Áreas
1	Q1	14,54
2	Q2	12,99
3	Wc	3,5
4	Wc	3,5
5	Wc	2,48
6	Cozinha	7,19
7	Sala	26,73
8	Corredor	21,27
9	Varranda	6,74
10	Estacionamento	15

Fonte: Claudia Chatonda (2023)

Então elas possuem 5 compartimentos principais, os compartimentos 3, 4 e 5 são excluídos, primeiro por apresentar uma área menor que 4 m<sup>2</sup>, segundo por ser WC. Já o compartimento 6, embora apresente área maior do que 4 m<sup>2</sup>, ele é excluído por ser cozinha. Portanto, para esse número de compartimentos principais, também vamos considerar uma carga mínima de 9,9 kVA.

Para este modelo de residências consideraremos instalações de iluminação e TUG, instalações de climatização, instalações para cozinhas eléctricas, instalações de aquecimento e instalações para máquinas de lavar e/ou secar olhando para possível aplicação conforme as necessidades.

Sendo assim, para circuitos de iluminação e de tomadas teremos a seguinte potência:

$$S' = 25 \times (\text{Somatório dos compartimentos principais})$$

$$S' = 25 \times (14,54 + 12,99 + 26,73 + 21,27 + 6,74 + 15)$$

$$S' = 2431,75 \text{ VA}$$

$$S' = 2,43175 \text{ kVA.}$$

Considerando, de seguida, os factores de utilização e de simultaneidade, teremos a seguinte potência por ser instalada:

$$SIT = S' \times FU \times FS$$

$$SIT = 2431,75 \times 1 \times 0,9$$

$$SIT = 2188,58 \text{ VA}$$

$$SIT = 2,18858 \text{ kVA.}$$

Para climatização, consideraremos um ar-condicionado na sala e um em cada quarto, tendo a seguinte carga:

$$S' = 80 \times (14,54 + 12,99 + 26,73)$$

$$S' = 4340,8 \text{ VA}$$

$$S' = 4,3408 \text{ kVA}$$

Considerando factores de utilização e de simultaneidade, teremos a seguinte potência instalada:

$$S_{Cl} = S' \times FU \times FS$$

$$S_{Cl} = 4340,8 \times 0,75 \times 0,8$$

$$S_{Cl} = 2604,48 \text{ VA}$$

$$S_{Cl} = 2,60448 \text{ kVA.}$$

A potência unitária a se considerar para cozinha eléctrica em habitações com 5 divisões principais é:

$$S' = 5000 \text{ VA}$$

$$S' = 5 \text{ kVA.}$$

Considerando os factores de utilização e de simultaneidade, temos a seguinte carga:

$$S_{Coz} = S' \times FU \times FS$$

$$S_{Coz} = 5000 \times 1 \times 0,7$$

$$S_{Coz} = 3500 \text{ VA}$$

$$S_{Coz} = 3,5 \text{ kVA}$$

A potência unitária a considerar para uma máquina de lavar e/ou secar é igual a:

$$S' = 3 \text{ kVA} = 3000 \text{ VA.}$$

Considerando os factores de utilização e de simultaneidade, temos a seguinte potência:

$$S_{Maq} = S' \times FU \times FS$$

$$S_{Maq} = 3000 \times 0,75 \times 1$$

$$S_{Maq} = 2250 \text{ VA.}$$

Em habitações com 5 ou mais compartimentos, para o aquecimento eléctrico de água, considera-se uma potência unitária de 1 kVA. Considerando 3 termo aquecedores eléctricos nos WC's, temos então uma carga de

$$S' = 3 \times (1 \text{ kVA}) = 3000 \text{ VA.}$$

Considerando agora os factores de utilização e de simultaneidade, temos a seguinte potência:

$$S_{Aq} = S' \times FU \times FS$$

$$S_{Aq} = 3000 \times 1 \times 0,9$$

$$SAq = 2700 \text{ VA.}$$

Então a potência total a instalar é:

$$SinsT3 = SIT + SCl + SCoz + SMAq + SAq$$

$$SinsT3 = 2188,58 + 3500 + 2250 + 2700$$

$$SinsT3 = 10638,58 \text{ VA.}$$

Analisando a realidade de utilização de todos equipamentos que equipam a residência não serão todos os equipamentos considerados nos cálculos acima que serão ligados em simultâneo, devido a dinâmica dos ocupantes da moradia. Considerando esses pontos, para não termos desnecessariamente um transformador de grande potência e consequentemente um elevado custo no orçamento, como projectista adoptamos um factor multiplicativo de 0,2 ao cálculo da carga requerida por esse conjunto de moradias. Sendo que o condomínio possui 480 casas do modelo 3 tipo 2 detribuidas conforme a tabela (*Cálculo do Loteamento das cargas*).

A carga requerida por esse conjunto de casas vai ser:

$$ScasasT2 = 0,2 \times 480 \times 10638,58$$

$$ScasasT2 = 1021303 \text{ VA}$$

$$ScasasT2 \text{ Modelo 3} = 1021,3 \text{ kVA.}$$

### 3.5.1.2. Residência Modelo 2 Tipo 3

Considerando que cada casa do Modelo 2 tipo 3 no condomínio tenha os seguintes compartimentos com as seguintes dimensões quase similar ao modelo 1:

*Tabela 5. Dimensões casa Modelo 2 tipo 2*

Compartimento	Utilização	Área (m <sup>2</sup> )
1	Q1	18,26
2	Q2	13,45
3	Q3	14,7
4	Wc	4,58
5	Wc	4,58
6	Cozinha	13,23
7	Sala	38
8	Corredor	2,91
9	Varranda	17,38
10	Escritório	15
11	Garagem	36,45

Fonte: Claudia Chatonda (2023)

Então elas possuem 7 compartimentos principais, os compartimentos 4 e 5 são excluídos, primeiro por apresentar uma área menor que 4 m<sup>2</sup>, segundo por ser WC. Já o compartimento 6, embora apresente área maior do que 4 m<sup>2</sup>, ele é excluído por ser cozinha. Portanto, para esse número de compartimentos principais, também vamos considerar uma carga mínima de 9,9 kVA.

Para este modelo de residências consideraremos instalações de iluminação e TUG, instalações de climatização, instalações para cozinhas eléctricas, instalações de aquecimento e instalações para máquinas de lavar e/ou secar olhando para possível aplicação conforme as necessidades de acordo com o artigo 435 da RSIUEE.

Sendo assim, para circuitos de iluminação e de tomadas teremos a seguinte potência:

$$S' = 25 \times (\text{Somatório dos compartimentos principais})$$

$$S' = 25 \times (18,26+13,45+14,7+38+17,38+15+36,45)$$

$$S' = 3831 \text{ VA}$$

$$S' = 3,831 \text{ kVA.}$$

Considerando, de seguida, os factores de utilização e de simultaneidade, teremos a seguinte potência por ser instalada:

$$SIT = S' \times FU \times FS$$

$$SIT = 3831 \times 1 \times 0,9$$

$$SIT = 3447,9 \text{ VA}$$

$$SIT = 3,4479 \text{ kVA.}$$

Para climatização, consideraremos um ar-condicionado na sala e um em cada quarto, tendo a seguinte carga:

$$S' = 80 \times (18,26+13,45+14,7+ 38)$$

$$S' = 6752,8 \text{ VA}$$

$$S' = 6,7528 \text{ kVA}$$

Considerando factores de utilização e de simultaneidade, teremos a seguinte potência instalada:

$$SCL = S' \times FU \times FS$$

$$SCL = 6752,8 \times 0,75 \times 0,8$$

$$SCL = 4051,68 \text{ VA}$$

$$S_{Cl} = 4,05168 \text{ kVA.}$$

A potência unitária a se considerar para cozinha eléctrica em habitações com mais de 5 divisões principais é:

$$S' = 5000 \text{ VA}$$

$$S' = 5 \text{ kVA.}$$

Considerando os factores de utilização e de simultaneidade, temos a seguinte carga:

$$S_{Coz} = S' \times FU \times FS$$

$$S_{Coz} = 5000 \times 1 \times 0,7$$

$$S_{Coz} = 3500 \text{ VA}$$

$$S_{Coz} = 3,5 \text{ kVA}$$

A potência unitária a considerar para uma máquina de lavar e/ou secar para uma residência com pelo menos 5 divisões é igual a:

$$S' = 2 \text{ kVA} = 3000 \text{ VA.}$$

Considerando os factores de utilização e de simultaneidade, temos a seguinte potência:

$$S_{Maq} = S' \times FU \times FS$$

$$S_{Maq} = 2000 \times 0,75 \times 1$$

$$S_{Maq} = 1500 \text{ VA.}$$

Em habitações com 5 ou mais compartimentos, para o aquecimento eléctrico de água, considera-se uma potência unitária de 1 kVA. Considerando 2 termo aquecedores eléctricos nos WC's, temos então uma carga de

$$S' = 2 \times (1 \text{ kVA}) = 2000 \text{ VA.}$$

Considerando agora os factores de utilização e de simultaneidade, temos a seguinte potência:

$$S_{Aq} = S' \times FU \times FS$$

$$S_{Aq} = 2000 \times 1 \times 0,9$$

$$S_{Aq} = 1800 \text{ VA.}$$

Então a potência total a instalar é:

$$S_{insT3} = S_{IT} + S_{Cl} + S_{Coz} + S_{Maq} + S_{Aq}$$

$$S_{insT3} = 3447,9 + 4051,6 + 3500 + 1500 + 1800$$

$$S_{insT3} = 14299,5 \text{ VA}$$

$$S_{insT3} = 14,2995 \text{ kVA.}$$

Analisando a realidade de utilização de todos equipamentos que equipam a residência não serão todos os equipamentos considerados nos cálculos acima que serão ligados em simultâneo, devido a dinâmica dos ocupantes da moradia. Considerando esses pontos, para não termos desnecessariamente um transformador de grande potência e conseqüentemente um elevado custo no orçamento, conforme já referenciado no modelo 3 tipo 2 adoptamos um factor multiplicativo de 0,2 ao cálculo da carga requerida por esse conjunto de moradias. Sendo que o condomínio possui 60 casas do modelo 2 tipo 3 distribuídas conforme a **(Cálculo do Loteamento das cargas)**.

A carga requerida por esse conjunto de casas vai ser:

$$ScasasT2 = 0,2 \times 60 \times 14299,5$$

$$ScasasT2 = 171594 VA$$

$$ScasasT2Modelo2 = 171,594 kVA.$$

Esta carga é maior que a carga mínima a que deve ser considerada (9,9 kVA), então vamos dimensionar a rede de modo que atenda uma carga referente a casas do tipo 3 de 171,594 kVA.

### 3.5.1.3. Residência Modelo 1 Tipo 3

Conforme as áreas totais de cada compartimento das residências do modelo em referência abaixo a tabela ilustrativa:

**Tabela 6.** Dimensões casa Modelo1 tipo 3

Compartimento	Utilização	Área (m <sup>2</sup> )
1	Q1	20,05
2	Q2	15,13
3	Q3	14,7
4	Wc	4
5	Wc	4
6	Cozinha	13,23
7	Sala	40
8	Corredor	3,14
9	Varanda	15,74
10	Escritório	15
11	Garagem	36,45

Fonte: Claudia Chatonda (2023)

Então elas possuem 7 compartimentos principais, os 4 e 5 são excluídos, e o compartimento 6 também pelos mesmos motivos já apresentados nos cálculos e dimensionamentos anteriores. Portanto, para esse número de compartimentos principais, também vamos considerar uma carga mínima de 9,9 kVA.

Para este modelo de residências consideraremos instalações de iluminação e TUG, instalações de climatização, instalações para cozinhas elétricas, instalações de aquecimento e instalações para máquinas de lavar e/ou secar olhando para possível aplicação conforme as necessidades.

Sendo assim, para circuitos de iluminação e de tomadas teremos a seguinte potência:

$$S' = 25 \times (\text{Somatório dos compartimentos principais})$$

$$S' = 25 \times (20,05+15,13+14,7+ 15,74+40+15+ 36,45)$$

$$S' = 3926,75 \text{ VA}$$

$$S' = 3,92675 \text{ kVA.}$$

Considerando, de seguida, os factores de utilização e de simultaneidade, teremos a seguinte potência por ser instalada:

$$SIT = S' \times FU \times FS$$

$$SIT = 3926,75 \times 1 \times 0,9$$

$$SIT = 3534,075 \text{ VA}$$

Para climatização, consideraremos um ar-condicionado na sala e um em cada quarto, tendo a seguinte carga:

$$S' = 80 \times (40 +20,05+15,13+14,7)$$

$$S' = 7190,4 \text{ VA}$$

$$S' = 7,1904 \text{ kVA}$$

Considerando factores de utilização e de simultaneidade, teremos a seguinte potência instalada:

$$SCL = S' \times FU \times FS$$

$$SCL = 7190,4 \times 0,75 \times 0,8$$

$$SCL = 4314,24 \text{ VA}$$

$$SCL = 4,31424 \text{ kVA.}$$

A potência unitária a se considerar para cozinha eléctrica em habitações com mais de 5 divisões principais é:

$$S' = 5000 \text{ VA}$$

$$S' = 5 \text{ kVA.}$$

Considerando os factores de utilização e de simultaneidade, temos a seguinte carga:

$$SCoz = S' \times FU \times FS$$

$$SCoz = 5000 \times 1 \times 0,7$$

$$SCoz = 3500 \text{ VA}$$

$$SCoz = 3,5 \text{ kVA}$$

A potência unitária a considerar para uma máquina de lavar e/ou secar é igual a:

$$S' = 2 \text{ kVA} = 2000 \text{ VA.}$$

Considerando os factores de utilização e de simultaneidade, temos a seguinte potência:

$$SMaq = S' \times FU \times FS$$

$$SMaq = 2000 \times 0,75 \times 1$$

$$SMaq = 1500 \text{ VA.}$$

Em habitações com 5 ou mais compartimentos, para o aquecimento eléctrico de água, considera-se uma potência unitária de 1 kVA. Considerando 2 termo aquecedores eléctricos nos WC's, temos então uma carga de

$$S' = 2 \times (1 \text{ kVA}) = 2000 \text{ VA.}$$

Considerando agora os factores de utilização e de simultaneidade, temos a seguinte potência:

$$SAq = S' \times FU \times FS$$

$$SAq = 2000 \times 1 \times 0,9$$

$$SAq = 1800 \text{ VA.}$$

Então a potência total a instalar é:

$$SinsT3 = SIT + SCl + SCoz + SMaq + SAq$$

$$SinsT3 = 3534,075 + 4314,24 + 3500 + 1500 + 1800$$

$$SinsT3 = 14648,315 \text{ VA.}$$

Analisando a realidade de utilização de todos equipamentos que equipam a residência não serão todos os equipamentos considerados nos cálculos acima que serão ligados em

simultâneo, devido a dinâmica dos ocupantes da moradia. Considerando esses pontos, para não termos desnecessariamente um transformador de grande potência e conseqüentemente um elevado custo no orçamento, como projectista adoptamos um factor multiplicativo de 0,2 ao cálculo da carga requerida por esse conjunto de moradias. Sendo que o condomínio possui 10 casas do modelo 1 tipo 3 distribuídas conforme a tabela (*Cálculo do Loteamento das cargas*).

A carga requerida por esse conjunto de casas vai ser:

$$ScasasT3Modelo 1 = 0,2 \times 10 \times 14648,315$$

$$ScasasT3Modelo 1 = 29296,63 VA$$

$$ScasasT3Modelo 1 = 29,2966kVA.$$

Esta carga é maior que a carga mínima a que deve ser considerada (9,9 kVA), então vamos dimensionar a rede de modo que atenda uma carga referente a casas do tipo 3 de 29,2966kVA.

#### **3.5.1.4. Todas as casas:**

Para ter a carga total requerida pelas moradias de todo o condomínio, basta somar as cargas calculadas para cada tipo e modelo de moradia. Porém, logicamente, há que considerar acréscimos de cargas, até porque é muito importante aqui fazer essa previsão, então com base neste ponto e com o histórico de variação de quantidades das casas, foi convencionado uma taxa de crescimento de 10% no cálculo da carga total das moradias, tendo assim:

$$Scasas = F_{crescimento} \times (ScasasT3Modelo 1 + ScasasT3Modelo 2 + ScasasT2Modelo3)$$

$$Scasas = 1,25 \times (29296,63 + 171594 + 1021303)$$

$$Scasas = 1,25 \times (1222193,63)$$

$$Scasas = 1527742,04 VA$$

$$Scasas = 1527,74204 kVA.$$

#### **3.5.2. Cálculo da carga da iluminação pública**

Atualmente o consumo da energia eléctrica devido a iluminação artificial é bastante representativo, assim são desenvolvidas pesquisas na área de fontes de iluminação mais eficientes do que as lâmpadas incandescentes, como as lâmpadas de vapor de sódio, que são em média 8 vezes mais económicas e têm vida útil 10 vezes maior que as incandescentes. São utilizadas na iluminação de parques, ruas, rodovias e faixadas de prédios e monumentos. Dadas estas vantagens e aplicações, optou-se por usar lâmpadas de vapor de sódio à alta pressão no projecto em questão, para a iluminação pública do condomínio Vulcan Village.

Porém, essas lâmpadas apresentam uma variação negativa de impedância necessitando de dispositivos que limitam a passagem de corrente para evitar danos às mesmas e que gerem altas tensões para o seu ligamento.

Para o projecto em referência aplicou-se lâmpadas de 150 W com reatores de 30 W nas ruas principais e nas restantes derivações.

A tabela (**Cálculo do Loteamento das cargas**), ilustra os cálculos desenvolvidos relativamente a iluminação pública e distribuição dos postes correspondentes para cada área que serão edificadas as moradias e todos edificios auxiliares de acordo com o modelo e tipo de residência.

Na ruas para iluminação pública temos 165 postes conforme o cálculo na tabela anexo. Então no total temos a seguinte correspondência, considerando a contribuição dos reatores correspondendo assim, uma potência total de potência de  $165 \times (150+30)=29700$  W.

Teremos então como potência total da iluminação pública:  $PIP=29,7$  kW.

A ficha técnica da Osrom das lâmpadas de 70 W, fornece-nos os seguintes dados eléctricos:

$P_n=70$  W,  $U_n=90$  V e  $I_n=0,97$  A. Podemos então calcular o seu factor de potência médio da seguinte maneira:

$$\cos\theta = P_n/(U_n I_n)$$

$$\cos\theta = 70/(90 \times 0,97) = 0,8$$

Então no total temos 165 postes distribuídos pela área equivalente a área habitacional que será abrangida pela iluminação pública, teremos então como potência total da iluminação pública de  $PIP=29,7$  kW.

Considerando o mesmo factor de potência para as lâmpadas de 250 W, teremos então a carga da iluminação pública, em kVA:  $SIP = PIP \cos\theta = 29,7 \times 0,8 = 23,8$  kVA  $\approx 24$  kV.

### 3.5.3. Tipo de Postos de Transformação

Os PT a utilizar serão do tipo **Monobloco Compacto de Betão Armado**

Monobloco Compacto de Betão

Todas os varões que constituem a armadura de reforço de cada uma das peças que conformam o edificio, estão electro-soldadas entre si, de forma a garantir que entre cada uma das peças exista continuidade eléctrica, obtendo-se assim uma superficie equipotencial.

Os únicos elementos metálicos unidos a esse sistema, com continuidade eléctrica acessíveis do exterior, são os olhais de aço inoxidável para manipulação da cobertura, que se encontram na parte superior da mesma. Cumprindo os regulamentos, as portas e grelhas de ventilação estão isoladas electricamente da malha equipotencial.

Entre esta malha e as portas ou grelhas de ventilação, obter-se-á uma resistência eléctrica superior a  $10000\Omega$ .

Os Postos fabricam-se em betão armado e vibrado. A própria armadura da malha eletrosoldada, graças a um sistema de união apropriado dos diferentes elementos, garante a perfeita equipotencialidade de todo o conjunto. As portas e grelhas de ventilação não serão ligadas ao sistema equipotencial, conforme previsto nos Regulamentos.

O índice de proteção do envolvente exterior do edifício pré-fabricado é IP44D, exceto as grelhas

de ventilação que são IP43D

*Figura 12: Monobloco compacto de Betão*



Fonte: internet google (2013)

A cuba de recolha de óleo faz parte integrante da própria conceção do monobloco. Tem capacidade para mais de 800 litros, estando assim dimensionada para recolher no seu interior todo o óleo do transformador sem que este se derrame pela base.

As portas e grelhas de ventilação são construídas em chapa de aço galvanizada de 2 mm de espessura, com pintura epoxi polimerizada a quente. Esta dupla proteção, galvanização e pintura, torna-as muito resistentes à corrosão causada pelos agentes atmosféricos.

Finas malhas metálicas impedem a penetração de pequenos insetos ou outros animais de pequeno porte sem diminuir a capacidade de ventilação.

Os PT serão para uma tensão no primário de 22kV, protegidos contra sobretensões por descarregadores de sobre tensão, e protegidos contra sobrecargas e curto-circuito do lado da baixa tensão por disjuntor e/ou corta-circuitos fusíveis.

### 3.5.4. Cella de Transformação

A cela será equipada com um transformador de potência possuidor das seguintes características principais:

- Potência ..... 500 kVA ou 100 kVA
- Perdas ..... extra-reduzidas
- Montagem ..... interior
- Arrefecimento ..... natural
- Número de fases ..... 3
- Frequência ..... 50 Hz
- Tensão no primário ..... 15000 V  $\pm$  5%
- Tensão no secundário ..... 400 / 231 V
- Tipo de ligações ..... triângulo/estrela

O transformador proposto deve ser fornecido com óleo isolante e equipado com os seguintes acessórios:

- Comutador de tomadas de alta tensão manobrável a partir do exterior, sem tensão (-5%; -2,5% – 0% - +2,5%; + 5 %);
- Dispositivo de esvaziamento e amostragem de óleo;
- Rodas orientáveis para deslocamento;

### 3.5.5. Compartimento do transformador

Transformador de 500kVA, instalado ao nível do solo. Acesso ao exterior por porta exclusiva, encravada com o seccionador de terra da cela de proteção, equipado com transformadores imersos em óleo mineral ou em resina epóxi.

Entre a linha MT e o Transformador serão instalados o seccionador ou interruptor-seccionador, mediante ser do tipo AS ou AI, respetivamente.

O secundário do transformador ligará ao respetivo QGBT (Quadro Geral de Baixa Tensão), onde estarão todas as proteções e saídas para os ramais aéreos da rede de distribuição e iluminação pública.

Figura 13. Transformador



Fonte: Internet Google (2013)

### **3.5.5.1. Acessórios**

Este PT disporá dos seguintes equipamentos:

- 1 quadro para registo da leitura da resistência de terra;
- 1 estrado isolante para 26,5 kV;
- 1 quadro com indicações de primeiros socorros;
- placas de “PERIGO DE MORTE”;
- 1 par de luvas dieléctricas 26,5 kV;
- 1 cartucheira adequada à montagem de fusíveis BT de reserva;
- 1 fonte de iluminação artificial autónoma (bloco autónomo);

### **3.5.6. Localização dos cabos Eléctricos**

A localização dos cabos a serem colocados foi decidida considerando os seguintes fatores:

- Tráfego de veículos e peões;
- Impacto ambiental;
- Drenagem de Água;
- Acessibilidade para Facilidade de Operação e Manutenção
- Localização de outros serviços subterrâneos, por exemplo (MCEL, VODACOM, MOVITEL), Água etc.

### 3.5.7. Proteção de pessoas e circuitos de terra

Os eléctrodos das terras de protecção e serviço serão constituídos por varetas de aço com as dimensões mínimas de 15 mm de diâmetro exterior, com um revestimento de cobre de 0,8 mm de espessura e 2 metros de comprimento, enterradas verticalmente no solo por forma a que o topo superior das varetas se encontre, pelo menos, a 1m de profundidade e em número tal que a resistência ohmica seja inferior a  $20 \Omega$  no eléctrodo da terra de protecção e  $10 \Omega$  no eléctrodo da terra de serviço (valor global).

Os eléctrodos de terra são estabelecidos no exterior do posto de transformação, fora das zonas de passagem e em terreno tão húmido quanto possível, de preferência terra vegetal ou preparada para o efeito e fora de terrenos com sais corrosivos.

Para medição das resistências de terra será instalado um ligador amovível em cada um dos circuitos. Para o circuito da terra de protecção usar-se-à cabo de cobre do tipo H1VV-R 1G35 na cor verde/amarelo e bainha exterior de cor preta, entre o eléctrodo e o ligador amovível.

Todas as peças metálicas, nomeadamente celas, persianas de ventilação, estrutura metálica do quadro geral de B.T., cuba do transformador, serão interligadas através de condutor de cobre eletrolítico nu, com a secção de  $16\text{mm}^2$ , pintado na cor preta, em toda a sua extensão até ao ligador amovível.

### 3.5.8. Seleção dos Materiais

Cabo MT 22KV - ACSR – HARE

ACSR é um condutor composto de trança concêntrica. Fios ou fios de aço galvanizado formam o núcleo central do condutor, em torno do qual estão trançadas uma ou mais camadas de fios de alumínio. O núcleo de aço pode consistir em um cabo simples ou concêntrico de 7, 19, 37 ou mais fios. Numerosas combinações de alumínio e aço em fios e camadas são possíveis.

*Figura 14. Condutor ACSR*



Fonte: Internet google (2012)

- Condutor ACSR HARE secção total 122,7mm<sup>2</sup> deve ser utilizado para todas as novas obras, exceto se existirem cortes nas redes de cabos isolados de papel impregnados existentes;
- A área de secção transversal do cabo deve ser escolhida de acordo com o requisito de carga da rede, bem como com o nível de falha simétrico potencial do sistema e
- A seleção do cabo específico a ser usado para a instalação requer a consideração do seguinte:
  - Tamanho e tipo de carga a ser fornecida;
  - Quedas de tensão permitidas;
  - Corrente de falha prospetiva;
  - Proteção do circuito;
  - Condição ambiental da instalação.

### **3.5.9. Fator de Desvalorização**

Com base no SANS 10198-4, as seguintes condições padrões são assumidas para o cálculo das classificações actuais:

- Temperatura máxima sustentada do condutor para cabos colocados em condutas de terra ou de via única = 70 °C.
- Temperatura do solo na profundidade de sepultamento = 25 °C.
- Temperatura do ar ambiente = 30 °C.
- Resistividade térmica do solo = 1,07 Km/W.
- Profundidade de deposição à superfície superior do cabo ou duto unidirecional no solo = 0,8 m.

### **3.5.10. Limites de variação de tensão**

Na condição de regime permanente em média tensão, para ajuste de tapes e regulação de tensão, foi adotada a filosofia indicada no Guia **IEEE Std 141/1993** que considera a faixa “A” (para operação normal do sistema elétrico) de 95% a 105% da tensão nominal dos painéis/barramentos em análise.

Na condição de regime permanente em baixa tensão, foi adotada a filosofia indicada no *Regulamento de Segurança de Redes de Distribuição de Energia Eléctrica em Baixa Tensão, Decreto 21 de Dezembro 2011*, sendo considerado que a variação de tensão em qualquer ponto da instalação não deve ser superior a 8%.

### **3.5.11. Carregamento dos Transformadores**

Para avaliação do carregamento do transformador de força, adotou-se as seguintes classificações:

- Carregamento até 90% da potência nominal: **OK**
- Carregamento entre 90% e 100% da potência nominal: **ALERTA**
- Carregamento acima de 100% da potência nominal: **NÃO OK**

### **3.5.12. Carregamento da linha**

Para avaliação do carregamento da linha adotou-se as seguintes classificações:

- Carregamento até 90% da ampacidade: **OK**
- Carregamento entre 90% e 100% da ampacidade: **ALERTA**
- Carregamento acima de 100% da ampacidade: **NÃO OK**

## 4. CAPITULO IV.

### 4.1. Apresentação de dados recolhidos

O sistema elétrico foi modelado conforme informações obtidas nos documentos de referência e levantamentos em campo realizados nos dias 29/04/21 a 03/05/21 e 19/09/21 a 03/10/21.

Adotou-se a potência base de 100MVA para o cálculo das impedâncias em P.U.

Para o processamento dos cálculos foi considerada, no ponto de conexão entre o sistema elétrico de Moçambique e VULCAN, a tensão nominal de 220 kV.

#### 4.1.1. Estudo e Participantes

Trabalho de campo foi efetuado através de **Método direto** usando guiões previamente elaborados, aplicáveis aos futuros residentes e estruturas do condomínio, com vista a obter informações sobre as formas de ocupação e alimentação dos PT's sem interferir nas instalações das proximidades. O inquérito foi dividido em duas partes, uma para os problemas e outra para prioridades da nova vila. Os inquéritos foram realizados com a Área da administração durante levantamento de dados para elaboração da memória descritiva

Atendendo a abordagem do projeto é qualitativa pois procura garantir uma qualidade da energia elétrica que será fornecida a vila.

O local onde se irá instalar os PTs é influenciado por diversos factores, tais como os impactes visuais, mobilidade das pessoas, questões de segurança e fácil acesso em caso de manutenções que impliquem a substituição dos elementos de maior volume.

Na urbanização em questão decidiu-se efetuar uma divisão em cinco zonas e por consequência foram estipulados cinco PTs.

### 4.2. Cálculo geral das cargas

550 Casas ligadas a rede com 2,2 kVA ;  $K_u = 0,4 - 0,6$ ; 89 Postes de linha de energia eléctrica

**Tabela7:** Loteamento/ Condomínio

Zona	Lote	Residencias/Clinica					Comercio/Edificios auxiliares/area residencial						Potencia Total de Lotes (kVA)	PTs (kVA)
		Qt	P. Un. (kVA)	P. Ins (kVA)	Coef.	P. Total (kVA)	Nome	Qt	P. Un. (kVA)	P. Ins (kVA)	Coef.	P. Total (kVA)		
<b>Cargas</b>	PT1												491,958	500
T3 MODELO 2		60	14,3	858	0,41	351,78	PI	20	0,125	2,5		2,5		
T3 MODELO 1		10	14,5	145	0,41	59,45								
T2 MODELO 3		18	10,6	190,8	0,41	78,228								
					489,458							2,5		
<b>Cargas</b>	PT 2												493,598	500
T2 MODELO 3		113	10,6	1197,8	0,41	491,098	I.P	20	0,125	2,5	1	2,5		
												2,5		
<b>Cargas</b>	PT 3												489,877	500
T2 MODELO 3		112	10,6	1187,2	0,41	486,752	I.P	25	0,125	3,125	1	3,125		
						486,752								
<b>Cargas</b>	PT 4												496,694	500
T2 MODELO 3		99	10,6	1049,4	0,41	430,254	I.P	10	0,125	1,25	1	1,25		
		15	10,6	159	0,41	65,19								
					495,444									
<b>Cargas</b>	PT 5												494,714	500
T2 MODELO 3		85	10,6	901	0,41	369,41	I.P	40	0,125	5	1	5		
		24	10,6	254,4	0,41	104,304	Mercado	1	20	20	0,8	16		
					473,714							21		
<b>Cargas</b>	PT 6												95,748	100
Clinica		1	50	50	0,41	20,5	I.P	50	0,125	6,25	1	6,25		
T2 MODELO 3		13	10,6	137,8	0,41	56,498	ESCOLA	1	25	25	0,5	12,5		
					76,998							18,75		
		<b>P. Total (kVA)</b>			2513,464		<b>P. Ins (kVA)</b>		49,125		<b>Potencia Total de Lotes (kVA)</b>		<b>2562,589</b>	<b>2600</b>

Fonte: Claudia Chatonda Elija (2023)

### 4.3. Postos de transformação

De forma a construir um posto de transformação que cumpra com os objetivos a que foi proposto e simultaneamente respeite a segurança de pessoas e bens, impõe-se o cálculo de algumas grandezas elétricas fundamentais. O conhecimento dos valores destas grandezas para cada caso particular permite a adequada escolha de técnicas e matérias a usar.

Após ter definido a potência total contratada por todas as instalações de utilização, analisou-se a planta de forma a decidir o número de PTs e a sua melhor localização e potência.

O local onde se irá instalar os PTs é influenciado por diversos factores, tais como os impactes visuais, mobilidade das pessoas, questões de segurança e fácil acesso em caso de manutenções que impliquem a substituição dos elementos de maior volume.

Na urbanização em questão decidiu-se efetuar uma divisão em seis zonas e por consequência foram estipulados seis PTs. Os postos de transformação foram dimensionados de forma a satisfazer toda a carga da seguinte forma:

O PT1 de 500kVA é constituído por 5 saídas (88 casas, 20 postes de Iluminação publica)

O PT1 de 500kVA é constituído por 5 saídas (113 casas, 20 postes de Iluminação publica)

O PT1 de 500kVA é constituído por 5 saídas (112 casas, 25 postes de Iluminação publica)

O PT1 de 500kVA é constituído por 5 saídas(114 casas, 10 postes de Iluminação publica)

O PT1 de 500kVA é constituído por 6 saídas (110 casas, 10 postes de Iluminação publica e mercado)

O PT de 100kVA é constituído por 4 saídas (13 casas, 40 postes de Iluminação publica, Escola e clinica)

Para que estas saídas permitam a alimentação dos lotes discriminados anteriormente, torna-se necessário a utilização de diversos armários de distribuição. A localização destes teve em conta diversos fatores, impactos visuais, quedas de tensão nos condutores, números de saídas e correntes de curto-circuito mínimas.

E os quadros de distribuição geral em baixa tensão serão divididos em 4 que seguirão a alimentação para os armários como a tabela abaixo:

**Tabela 8:** Distribuição dos transformadores

PTS	ARMARIOS	NR CASAS	MODELO
PT1 QGBT1	ARM1	10	T3 MODELO 1
	ARM2	30	T3 MODELO 2
	ARM3	30	T3 MODELO 2
	ARM4	18	T2 MODELO 3
	ARM5	20	ILUMINAÇÃO PUBLICA
PT2 QGBT2	ARM1	30	T2 MODELO 3
	ARM2	30	T2 MODELO 3
	ARM3	29	T2 MODELO 3
	ARM4	24	T2 MODELO 3
	ARM5	20	ILUMINAÇÃO PUBLICA
PT3 QGBT3	ARM1	30	T2 MODELO 3
	ARM2	28	T2 MODELO 3
	ARM3	24	T2 MODELO 3
	ARM4	30	T2 MODELO 3
	ARM5	25	ILUMINAÇÃO PUBLICA
PT4 QGBT4	ARM1	30	T2 MODELO 3
	ARM2	30	T2 MODELO 3
	ARM3	30	T2 MODELO 3
	ARM4	24	T2 MODELO 3
	ARM5	10	ILUMINAÇÃO PUBLICA
PT5 QGBT5	ARM3	40	T2 MODELO 3
	ARM1	40	T2 MODELO 3
	ARM2	30	T2 MODELO 3
	ARM3	10	ILUMINAÇÃO PUBLICA
	ARM4	1	MERCADO
PT6 QGBT6	ARM1	13	T2 MODELO 3
	ARM2	1	ESCOLA
	ARM3	1	CLINICA
	ARM4	40	ILUMINAÇÃO PUBLICA

Fonte: Claudia Chatonda Elija (2023)

#### 4.4. Cálculo de quedas de tensão

As quedas de tensão para o cabo XLPE de 3 núcleos de 22kV 95mm<sup>2</sup> da mini-subestação ao polo T/Off Pole (4000m) são calculadas da seguinte forma:

Parâmetros:

- A distância total do cabo (D) = 4000m;
- A tensão no ponto de alimentação (V) = 22 kV Corrente projetada (I) = 79,9 A;
- Característica de impedância (Z) = 0,271 Ω/km como mostra a Tabela 3.

Cálculos:

- Impedância total =  $D \times Z = (4000 \times 0,271)/1000 = 1.084\Omega$ ;
- Queda de volts =  $I \times Z = 79,9 \times 0,271 = 21,65 \text{ V}$ ;
- % Queda de Tensão =  $V_{\text{queda}}/V_{3 \text{ fase}} \times 100 = 21,65/22000 \times 100 = 0,1\%$

#### 4.5. Instalação de Cabos

##### Escavação para Cabos de Média Tensão

- Quando a vala de cabos correr paralela e sob a superfície da estrada, deve ser posicionada a pelo menos 200 mm da borda da superfície asfaltada. Somente neste caso serão instaladas lajes de concreto acima do cabo;
- Deve ser aplicado um espaçamento mínimo de 300 mm entre os cabos, a manter, sempre que possível, e um factor de desclassificação;
- Solo cobertor a ser compactado apenas com ferramentas de compactação manual;
- Todos os pavimentos, estradas e travessias de calçadas devem ser recolocados em seu estado original. Sempre que uma via por cabo cruze uma estrada ou caminho-de-ferro, o cabo deve ser colocado numa tubagem para facilitar a sua substituição numa data posterior, sem perturbar o pavimento rodoviário ou a via-férrea;
- Uma peneira de malhagem de 12 mm pode ser utilizada para peneirar o solo;
- Ao trincheirar em solo rochoso um espaçamento mínimo de 150mm deve ser mantido entre o cabo e a parede da vala;
- O enchimento da vala deve estar em conformidade com a norma SANS 10198-8 e
- A vala de cabos N.B. MV deve estar em conformidade com D-DT-085

### **Instalação de cabos e terminações para instalação de cabos de linhas aéreas**

- Os empreiteiros que instalam cabos devem estar na posse de todas as partes do SANS 10198 e trabalhar de acordo com esse código de prática e esta norma. Se surgir uma situação que não seja abrangida por nenhuma das partes do SANS 10198, o contratante deve consultar o engenheiro do projecto;
- A profundidade e o posicionamento do cabo MV dentro da vala devem estar de acordo com D-DT-0854;
- A instalação e instalação de cabos deve estar em conformidade com as normas SANS 10198-2 e SANS 10198-8 e deve ser por enterramento directo, em conformidade com D-DT-0854.

### **Acessórios para cabos Subterrâneos de Media Tensão**

Todos os acessórios de cabos para uso nos Condutor ACSR HARE secção total 122,7mm<sup>2</sup>:

- Juntas de cabos;
- Terminações de cabos e
- Todas as alças e ponteiros devem ser comprimidas utilizando um sistema hexagonal de crimpagem de matrizes.

### **Coordenação de serviços**

O projecto de reticulação eléctrica do layout é coordenado com os layouts do Engenheiro Civil abaixo:

- Layouts de água, esgoto e águas pluviais;
- Layouts de trechos transversais de rodovias que mostram a alocação de serviços na reserva viária.

### **Acordos de servidão e licenças de saída**

As servidões e saídas de passagem para cabos instalados em propriedade privada devem ser registadas para uma largura mínima de 1 m em ambos os lados da maioria dos cabos exteriores da servidão.

Os alimentadores de cabos secundários e de mini-subestação que trafegam por propriedade privada deverão ter contratos de regularização de passagem assinados com o proprietário do imóvel.

Os cabos que atravessam a propriedade privada devem ter contratos de passagem assinados com o proprietário do imóvel.

## **5. CAPITULO V**

### **5.1. Análise de dados /Resultados**

Tendo em conta os resultados verifica-se que são necessários 5 PTs de 500 kVA e 1 PT de 100 kVA.

O loteamento seguiu ainda uma distribuição da energia seccionada por várias zonas, por forma, a cumprir com as distâncias máximas e minimizar as quedas de tensão. No que concerne a rede elétrica, esta é do tipo subterrânea dentro da vila, e irá alimentar com 5 postos de transformação de 500 kVA para a zona de habitações comercio e laser, e 1 de 100 kVA para áreas de serviços públicos, e todos serão alimentados por uma rede de media tensão de 22kV que é usada dentro da mina diferente da EDM que é de 33 kVA, permitindo manter o mesmo num funcionamento entre os 50% e os 80% da carga para assim garantir menor manutenção e garantir mais vida útil do equipamento.

### **5.2. Características do sistema Elétrico**

O sistema elétrico da VULCAN Moatize é normalmente suprido de energia elétrica por meio de uma linha de 220 kV / 50 Hz, oriunda da SE Matambo. Esta linha alimenta dois transformadores abaixadores de 45 MVA 220-22 kV, implantados durante a primeira expansão da planta, comumente denominada “Moatize 2” pelas equipes de Manutenção e Operação da mesma.

Além da linha de 220 kV, o sistema apresenta a possibilidade de alimentação através de duas linhas de transmissão de 66 kV / 50 Hz, também oriundas da SE Matambo. As linhas alimentam dois transformadores abaixadores de 45 MVA 66-22 kV, implantados na construção da planta (Moatize 1).

Os transformadores de 220-22 kV e 66-22kV alimentam dois conjuntos de manobras de distribuição principais, denominados LC00A e LC00B. Estes realizam a distribuição de energia na planta em 22 kV, através de linhas aéreas e redes de dutos, até as subestações secundárias (Load Centers).

### 5.3. Capacidade Instalada da Subestação Principal

Atualmente, a Subestação Principal da mina Vulcan Moatize possui instalados quatro transformadores

principais, sendo:

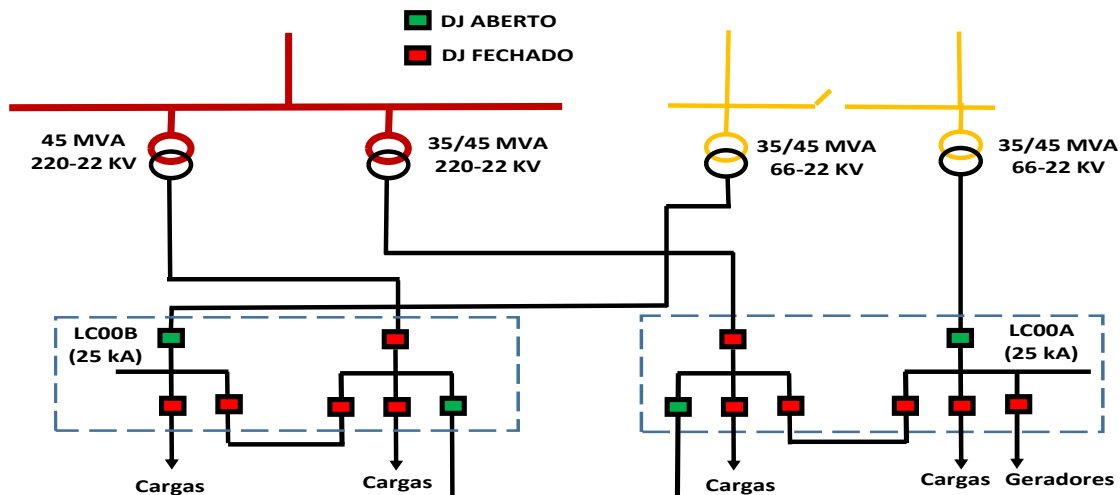
- 1 Transformador 220-22-10 kV, 45 MVA – ONAN
- 1 Transformador 220-(66)22 kV, 35/45 MVA – ONAN-ONAF
- 2 Transformadores 66-22-11 kV, 35/45 MVA – ONAN-ONAF

As linhas de transmissão que atendem atualmente a planta são:

- 1 LT 220kV – capacidade de aproximadamente 1340 A (500 MVA);
- 2 LTs 66kV – capacidade de aproximadamente 900 A (100 MVA cada) – Limitadas pelos transformadores da SE Matambo em 30/45 MVA (ONAN/ONAF).

Segue abaixo um diagrama unifilar simplificado da subestação principal da mina de Moatize.

*Esquema 1: diagrama unifilar simplificado da subestação principal da mina de Moatize*



Fonte: Area de energias Vulcan - Apêndice V - Estudo de fluxo de potência Vulcan Village (2011)

As tabelas abaixo apresentam os resultados obtidos com a inclusão da nova carga na LC00B (Subestação Principal).

**Tabela 9:** Carregamento dos Transformadores na Subestação Principal

Substation	Incomer	Nominal (MVA)	MVA %	Aparent (MVA)	Active (MW)	Reactive (MVar)
LC00A	9A-MVS-01-J14	45,00	70,67	31,80	30,21	9,93
LC00B	1D-MVS-01-J16	45,00	95,98	43,19	41,03	13,49

Fonte: Estudo de fluxo de potência Vulcan Village (2023)

**Tabela 10:** Carregamento dos Cabos e Condutores de Media Tensão

LC	Tag	Dist. (km)	Bitola	Carregamento					
				kW	kVAr	KVA	Corrente	FP %	Carreg. %
Linha C	C. J21 22/33kV	0,18	6x1/C 185 mm <sup>2</sup>	4500	2588	5191	137,5	86,69	94,99
Linha C	C. LC00B_LAST POLE A	1,5	6x1/C 100 mm <sup>2</sup>	2544	1573	2991	79,2	85,06	27,31
Linha C	C. Last Pole A_PT Kentz	1,5	6x1/C 100 mm <sup>2</sup>	2539	1574	2988	79,3	85,00	27,33
Linha C	Line 10	1,5	6x1/C 100 mm <sup>2</sup>	2333	1448	2746	73	84,98	25,17
Linha C	Line 9	1,5	6x1/C 100 mm <sup>2</sup>	1903	1198	2249	59,9	84,62	20,65
Linha C	C. LAST POLE D_VV	4,5	3x1/C 100 mm <sup>2</sup>	1419	945,6	1705	46,1	83,21	15,86

Fonte: Fonte: Area de energias Vulcan- Apêndice V: Estudo de fluxo de potência Vulcan Village (2023)

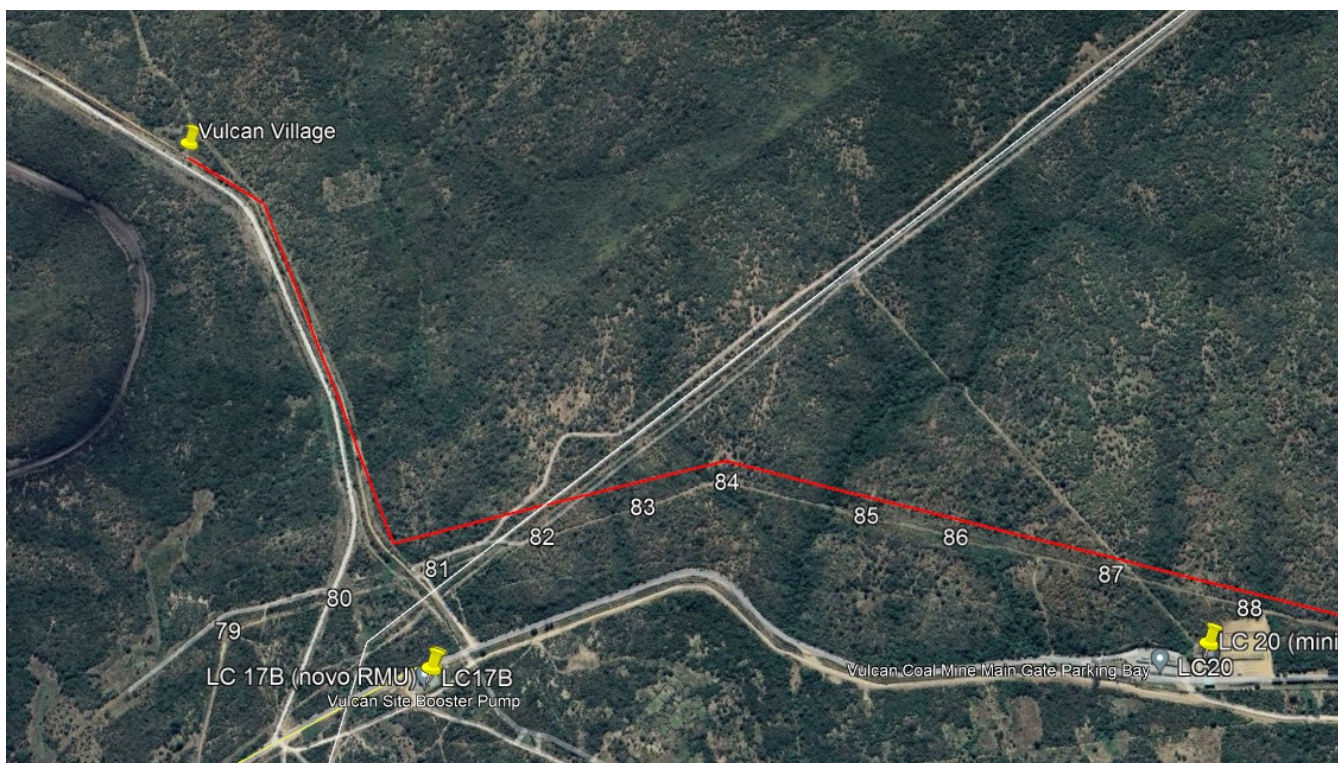
**Tabela 11:** Resultado de variação de Tensão e Potencia nos barramentos

LC	Painel	Tensão (kV)	Tensão (%)	Carregamento			
				kW	kVAr	kVA	Corrente A
LC00B	01D-MVS-01-J21	22	97,94	4500	2588	5191	137,5
PTG02	PTG02	22	97,02	1881	1239	2252	60,8
VV	Vulcan Village	22	96,69	1436	902,9	2562,55	68,12
PT1	Vulcan Village PT1	0,4	94,93	333,3	206,5	491,95	719,25
PT2	Vulcan Village PT3	0,4	94,93	333,3	206,5	493,59	721,64
PT3	Vulcan Village PT4	0,4	94,93	333,3	206,5	489,87	716,20
PT4	Vulcan Village PT5	0,4	94,93	333,3	206,5	496,69	726,18
PT5	Vulcan Village PT5	0,4	94,93	333,3	206,5	494,71	723,28
PT6	Vulcan Village PT6	0,4	94,93	66,7	41,3	95,74	139,97

Fonte: Area de energias Vulcan- Apêndice V: Estudo de fluxo de potência Vulcan Village (2023)

Diante dos itens apresentados acima, sugere-se que a nova carga seja alimentada através da extensão da linha C, **por cerca de 4,45 km**, derivada a partir do PTG02 (Clinica). A rota da linha deve ser redefinida em função das circunstância do terreno.

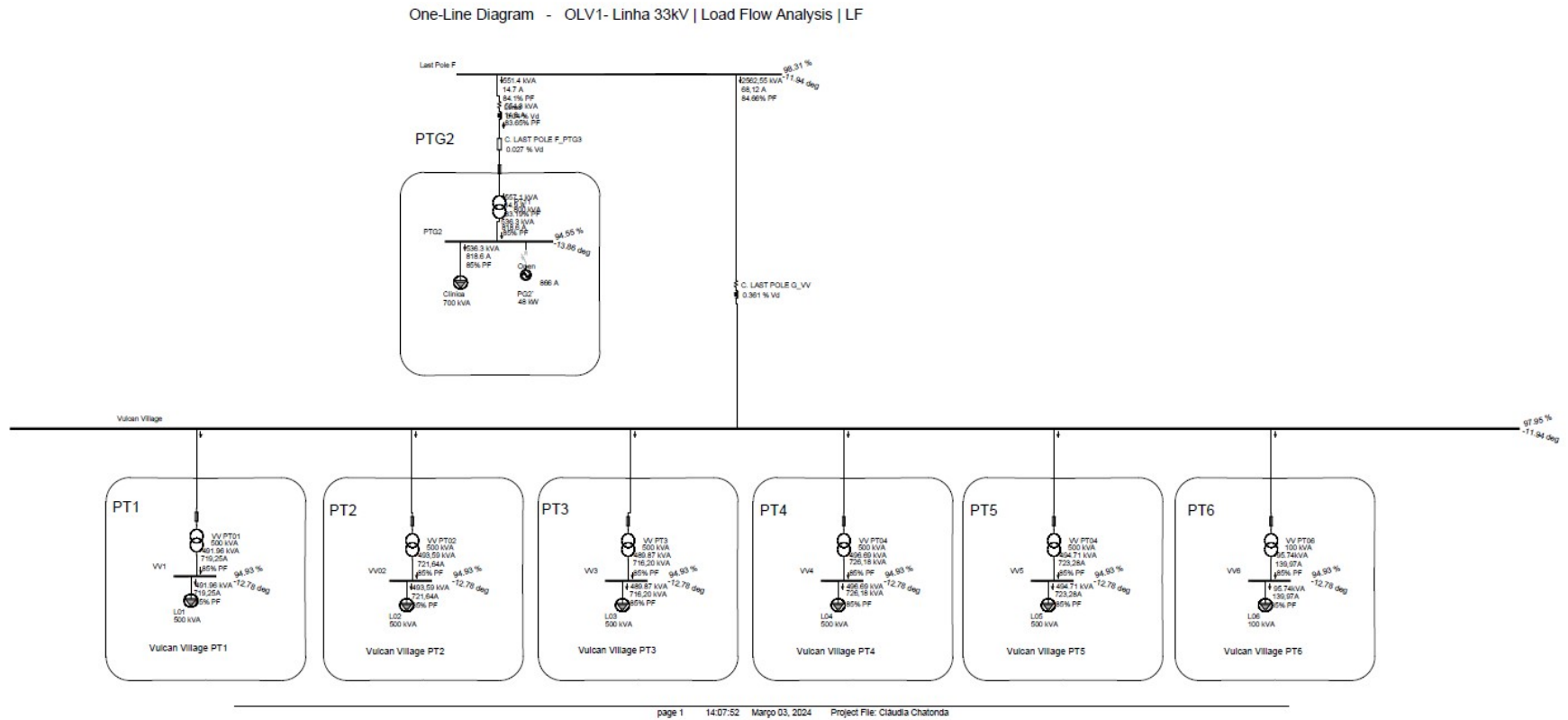
*Figure 15: Ilustração do ponto de derivação e percurso da linha*



Fonte: Engenharia de projectos da vulcan (2023)

## 5.4. Resultado

### Esquema 2: Diagrama elétrico unifilar Vulcan village



Fonte : Engenharia de Projectos (2024)

## 5.5. Lista de Materiais

Depois de feita toda análise e estudo chegamos a seguinte lista de matérias necessário para a construção da nossa linha de Media tensão para Vulcan Village.

*Tabela 12. Lista de materiais e quantidades para construção da linha do vulcan village*

ITEM	Descrição do Material	UNID	QUANT.
<b>1</b>	<b>Fornecimento de Material</b>		
	<i>Fornecimento de Materiais Eletrico (incluindo o transporte dos materiais até ao armazém da Vulcan)</i>		
<b>1,1</b>	<b>Rede de distribuição 22kV</b>		
1.1.1	Poste de betão de 12,5m, com diametro no topo de 180mm, com tratamento anti termitas, com chapa de topo e capacidade de 55MPa	un	89,00
1.1.2	Cabo terra aço galvanizado 7x2,65mm	m	1 160,00
1.1.3	Prego Aço Galvanizado U 3" (100 peças por pacote)	set	10,00
1.1.4	Laço preformado (Gravata) para topo de poste, 33kV Pole top make off	un	74,00
1.1.5	Isolador de espia 33kV de porcelana	un	74,00
1.1.6	Esticador c/ Estropo p/ espimento Aço galvanizado por imersão a quente ou aço revestido a dacromet 500 B 2m	un	74,00
1.1.7	Laço preformado para espia (Filaça)	un	222,00
1.1.8	Olhal de dedal galvanizado para fio de aço 50-95 sq.mm		74,00
1.1.9	Cabo de aço para Espia 7x3.15mm Galvanizado Tipo "A"	m	800,00
1.1.10	Base de espia 330x330x3mm Galvanizada	m	74,00
1.1.11	Drop-out 22kV 20A exterior, para fixação em travessa	un	15,00
1.1.18	Fusivel drop-out tipo K 20A, 22kV	un	15,00
1.1.19	Travessa galvanizada L 70x70x10x2800mm. Com furação	un	60,00
1.1.20	Travessa galvanizada L 65x50x6x760mm. Com furação	un	122,00
1.1.21	Travessa galvanizada U 100x50x10x2800mm. Com furação	un	46,00
1.1.22	Parafuso galvanizado sem cabeça M20x300, com porca e anilha,	un	180,00
1.1.23	Parafusos galvanizado M20x60mm, com porca e anilha.	un	175,00
1.1.24	Parafuso olhal M20x300, galvanizado (incluindo anilha e porca)	un	48,00
1.1.25	Porca olhal M20 galvanizada	un	48,00
1.1.26	Isoladores de Apoio, porcelana, 22kV, 70kN	un	195,00
1.1.27	Isolador de amarração, silicone, 22kV, 70kN, clevis/tongue	un	75,00
1.1.28	Pinças de amarração para cabo ACSR HARE 122,7mm2	un	75,00
1.1.30	Condutor ACSR HARE secção total 122,7mm2	m	14 000,00
1.1.31	Ligador paralelo cabo ACSR, 20-150mm2	un	48,00
1.1.32	Terminal de compressão, bimetálico, Al-Cu, 150mm2	un	27,00
1.1.33	Laço pre-formado (filaça) para cabo ACSR	un	195,00
1.1.34	Pára-raio, 24kV, 10-25KA, para fixação em travessa	un	12,00
1.1.35	Cabo de cobre nu 70mm <sup>2</sup> , para malha de terra	m	150,00
1.1.36	Haste Aterramento Elétrica Cobreada 5/8" - 12,0mm X 1,5m com abraçadeira de conexão cabo - aste	un	16,00
1.1.37	Anti-climb spikes para postes de madeira	m	36,00
1.1.38	Chapa de sinalização de perigo 150x100mm	un	89,00

Feito por : Claudia Chatonda (Estudante) , Verificado por Ivan Zandamela (Supervisor de Area) e Autorizado por Antonio Chissano (Gerente de Area) (2024)

## 6. CAPITULO V

### 6.1. Conclusão e Sugestões

#### 6.1.1. Conclusão

Este trabalho de Projecto de linha de Distribuição 22kV para alimentar 550 casas do condomínio Vulcan Village determinou o melhor traçado possível para a rede aerea de distribuição em media tensão, como se pode ver na figura 15, assim como determinou pela análise comparativa que é viável a sua implementação visto que esta nova rede vai funcionar no mínimo durante 10 anos num regime normal e de alta qualidade, tendo em conta a previsão de crescimento da carga prevista pela Vulcan.

Para trabalhos futuros, fica a possibilidade de se elaborar uma análise dos possíveis efeitos que os campos eletromagnéticos gerados pelas linhas de transmissão e pelas descargas atmosféricas ocasionaram nos equipamentos eléctricos e nos seus circuitos de controlo devido aos surtos de tensão induzidos.

Este trabalho também verificou que as proteções eletrostáticas são muito eficazes neste caso, a fim de inibir o acoplamento capacitivo ou indutivo pelas correntes que passam tanto nas linhas, como aquelas que passam nos canais de descargas das descargas eléctricas.

Dessa forma, simulações poderiam ser feitas para estimar quais as possíveis alterações no funcionamento destes equipamentos, especialmente na proteção, o que poderia levar a uma atuação indevida na rede, o que não deixa de configurar um sério acidente eléctrico.

Conforme os resultados apresentados e as análises realizadas conclui-se que:

- A linha C possui capacidade para alimentar a nova carga 2,6 MVA prevista pela Implantação;
- O sistema irá operar dentro dos limites de referência de tensão com os transformadores da Vulcan Village operando no TAP central. Caso haja problemas de queda de tensão devido a larga extensão da rede de baixa tensão, recomenda-se alterar o tap dos transformadores para -2,5%;
- Com base nos cálculos e conclusão validou-se a Hipótese H1; A apresentação do Projeto da Linha de Distribuição 22kV para alimentar 550 casas do Condomínio Vulcan Village vai trazer vantagens para a empresa e habitantes das áreas em redor.

### **6.1.2. Sugestões**

No desenvolvimento deste trabalho não se explorou outros aspetos, embora sejam relevantes, visto que no âmbito das atividades de manutenções da empresa muitas diretrizes foram elaboradas para proteção preventiva das linhas.

Sugere-se que a cada vez, que se fizera uma intervenção de manutenções nas redes subterrâneas de distribuição de MT, por parte das brigadas de manutenção, deve-se cadastrar todos os pontos de defeitos, para se analisar a frequência de defeitos num determinado trecho de uma determinada linha.

Recomenda-se uma maior experiência prática a nível de subestação para melhor solidificação do tema de estudo, pois a falta de vivência prática com alguns equipamentos que foram dimensionados, em certos pontos pode comprometer a exactidão da informação.

## 7. Referências

1. IP – Instrução do Processo de Vulcan Village\_Rev Vulcan
2. RL-5441ME-E-00001\_Rev\_0 Estudo de fluxo de potência Vulcan Village\_RevA
3. NORMA IEEE STD. 141 (RED BOOK) – 1993; “Prática recomendada pelo IEEE para distribuição de energia elétrica para plantas industriais”.
4. EDM - Manual de montagem de linhas de distribuição;
5. EDM – Manual de montagem de Postos de Transformação Rural
6. NBR 5356 – 2007; “Transformadores De Potência”.
7. C57.110-2018; “IEEE Prática recomendada para estabelecer a capacidade do transformador de distribuição e potência imerso em líquido e seco ao fornecer correntes de carga não sinusoidais”
8. IEEE 399-1997; “IEEE Prática recomendada para análise de sistemas de energia industriais e comerciais (Brown Book)”
9. Guia Técnico”, Solidal Condutores Eléctricos S . A., 2007
10. <http://www.policabos.pt> Acesso em Novembro de 2023
11. <http://www.edp.pt> Acesso em Novembro de 2023
12. José Luís Lourenço, “Pesquisa, detecção e reparação de avarias na rede de
13. distribuição MT/BT”, FEUP, 2001.
14. LEITE, H. 2008 - Elaboração de Projectos de Linhas Aéreas de distribuição de
15. Energia. Porto.
16. “Manual de Manutenção de Linhas de Média Tensão”, EDP Distribuição, julho de
17. 2000.
18. “Regulamento de consignações da rede de distribuição AT, MT e BT”, EDP
19. Distribuição, Outubro de 2005
20. Regulamento de Segurança de Redes de Distribuição de Energia Eléctrica”