



UNIVERSIDADE  
EDUARDO  
MONDLANE

**FACULDADE DE ENGENHARIA**

**LICENCIATURA EM ENGENHARIA ELÉCTRICA**

**ESTÁGIO PROFISSIONAL**

**AUMENTO DA FIABILIDADE ATRAVÉS DA  
RECONFIGURAÇÃO DA LINHA DL14 DE 66 KV DA EDM –  
DIVISÃO DE TRANSPORTE SUL**

**Autor:**

Camunati, Hélio Boa Maurício

**Supervisores:**

Da UEM: Eng.º. Manuel Telles

Da Instituição: Eng.º José Eduardo Santos

Maputo, Novembro de 2025



UNIVERSIDADE  
EDUARDO  
MONDLANE

**FACULDADE DE ENGENHARIA**

**LICENCIATURA EM ENGENHARIA ELÉCTRICA**

**ESTÁGIO PROFISSIONAL**

**AUMENTO DA FIABILIDADE ATRAVÉS DA  
RECONFIGURAÇÃO DA LINHA DL14 DE 66 KV DA EDM –  
DIVISÃO DE TRANSPORTE SUL**

**Autor:**

Camunati, Hélio Boa Maurício

**Supervisores:**

Da UEM: Eng.º. Manuel Telles

Da Instituição: Eng.º José Eduardo Santos

Maputo, Novembro de 2025

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho aos meus pais, Boa Camunati e Telma Tomé Maurício, pelo amor constante, pelo apoio emocional e financeiro, e por serem, para mim, um exemplo de vida. Estendo esta dedicatória aos meus irmãos e amigos, pelo carinho e pela força moral que me concederam ao longo da minha caminhada acadêmica.

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar, agradeço a Deus pela vida, pela saúde, pela motivação e por me conceder sabedoria e forças suficientes para o desenvolvimento deste trabalho. Ele é o princípio e o fim da minha existência, e por esse motivo serei eternamente grato.

O meu especial agradecimento dirige-se aos meus pais, Boa Camunati e Telma Tomé Maurício, a quem tanto amo. Agradeço por terem sido a minha primeira fonte de inspiração, pelos conselhos sábios, pelas motivações incansáveis e pelas vossas orações incessantes, que contribuíram de forma determinante para que eu chegasse até aqui.

Aos meus irmãos, Edson Boa Maurício, Lavita Boa Camunati e Ebenezer Boa Camunati, manifesto a minha profunda gratidão pela força, apoio e companheirismo ao longo desta caminhada. Sois os melhores irmãos que alguém poderia desejar.

O meu especial agradecimento ao Eng.º Manuel Telles, meu supervisor da Faculdade de Engenharia, pela paciência, disponibilidade, atenção e ensinamentos transmitidos, bem como pela inspiração que advém do seu elevado nível de experiência profissional. As suas contribuições foram fundamentais e a sua orientação, essencial ao progresso deste trabalho.

Agradeço igualmente à EDM pela oportunidade de estágio que me permitiu desenvolver este relatório, o qual marca a conclusão da minha licenciatura. Ao meu supervisor na EDM, Eng.º José Eduardo Santos, deixo o meu sincero agradecimento pela paciência, dedicação e prontidão demonstradas em cada etapa deste processo.

Aos amigos que se tornaram irmãos, Eber Magaia, Alexandre, Darwin, Dalton, Juvenald Gerónimo e Fernando vão os meus especiais agradecimentos pelo suporte constante, pela amizade sincera e pelo contributo significativo no meu crescimento académico e social.

A lista de agradecimentos é longa e não cabe apenas neste papel, pois muitas pessoas contribuíram, directa ou indirectamente, para a construção da minha jornada. A todas vós, deixo o meu mais profundo e sincero muito obrigado!

## EPÍGRAFE

*E Jesus disse-lhe: Se tu podes crer;  
tudo é possível ao que crê.*

**Marcos 9:23**

## RESUMO

Nos sistemas de transmissão de energia eléctrica, a continuidade de serviço e a flexibilidade operacional constituem requisitos fundamentais para garantir a fiabilidade do fornecimento. A linha DL14 de 66 kV, que interliga a Subestação Matola 275 à Subestação de Boane e alimenta as subestações LIMAK e Matola Rio através de derivações em T, apresenta limitações operacionais significativas, uma vez que qualquer intervenção de manutenção periódica realizada nas subestações Matola 275 e Boane, ou mesmo no caso de ocorrência de falhas na linha, implica o desligamento total da linha, afectando a disponibilidade do serviço e a segurança operacional. Neste contexto, o presente trabalho propõe a reconfiguração dos actuais pontos de derivação em T para uma configuração de entrada e saída, permitindo maior selectividade e flexibilidade na operação da linha. A solução inclui o dimensionamento técnico dos painéis de corte e equipamentos de protecção adequados ao nível de tensão de 66 kV, bem como a verificação das correntes nominais, níveis de curto-circuito e coordenação de protecção segundo normas aplicáveis. A metodologia adoptada baseou-se na pesquisa bibliográfica, na análise dos dados técnicos fornecidos pela EDM, no levantamento da configuração existente e na realização de cálculos de dimensionamento eléctrico, incluindo a avaliação comparativa entre o arranjo actual e o proposto. A nova configuração permite isolar apenas o vão afectado durante intervenções, evitando desligamentos totais da linha DL14 e reduzindo o impacto sobre as subestações alimentadas. Conclui-se que a solução proposta aumenta a fiabilidade e a flexibilidade operacional da linha DL14, permitindo intervenções de manutenção sem necessidade de desligamento total e contribuindo para a melhoria do desempenho da rede de transmissão na Região Sul de Moçambique.

**Palavras-chave:** Linha de Transmissão, Painel Eléctrico, Entrada e Saída, Derivação em T.

## **ABSTRATS**

In electric power transmission systems, service continuity and operational flexibility are fundamental requirements to ensure supply reliability. The 66 kV DL14 transmission line, which connects the Matola 275 Substation to the Boane Substation and supplies the LIMAK and Matola Rio substations through T-branch derivations, presents significant operational limitations. Periodic maintenance activities at the Matola 275 and Boane substations, as well as fault occurrences along the line, require the complete shutdown of the line, affecting service availability and operational safety. In this context, the present work proposes the reconfiguration of the existing T-branch points into an Input and Output configuration, aiming to improve selectivity and operational flexibility. The solution includes the technical sizing of switching panels and protection equipment suitable for the 66 kV voltage level, as well as the verification of rated currents, short-circuit levels and protection coordination according to applicable standards. The adopted methodology was based on bibliographic research, analysis of the technical data provided by EDM, assessment of the existing configuration, and the execution of electrical sizing calculations, including a comparative evaluation between the current and the proposed arrangements. The new configuration allows the isolation of only the affected span during maintenance interventions, avoiding total shutdowns of the DL14 line and reducing the impact on the supplied substations. It is concluded that the proposed solution increases the reliability and operational flexibility of the DL14 line, enabling maintenance activities without complete disconnection and contributing to improved performance of the transmission network in the Southern Region of Mozambique.

**Keywords:** Transmission Line, Electrical Panel, In and Out, T-Off Derivation.

## Índice

1	CAPÍTULO I: FUNDAMENTAÇÃO DO PROJECTO.....	1
1.1	Introdução .....	1
1.2	Formulação do problema .....	1
1.3	Justificativa.....	2
1.4	Objectivos .....	3
1.4.1	Objectivo geral .....	3
1.4.2	Objectivos específicos .....	3
1.5	Metodologia.....	3
1.6	Estrutura do trabalho.....	4
2	CAPÍTULO II: REVISÃO DA LITERATURA.....	5
2.1	Sistema eléctrico de potência .....	5
2.2	Subestações eléctricas .....	6
2.2.1	Funções de uma Subestação.....	6
2.2.2	Tipos de Subestações.....	7
2.3	Painel eléctrico .....	7
2.3.1	Classificação dos painéis eléctricos.....	8
2.3.2	Equipamentos do painel eléctrico .....	10
3	CAPÍTULO III: APRESENTAÇÃO DA EMPRESA ONDE DECORREU O ESTÁGIO PROFISSIONAL (EDM).....	28
3.1	Considerações iniciais.....	28
3.1.1	Divisão de Transporte Sul .....	28
3.1.2	Subestação de Infulene: Breve Descrição .....	29
4	CAPÍTULO IV: DESENVOLVIMENTO DO PROJECTO .....	33
4.1	Descrição do projecto.....	33
4.2	Características da linha DL14 .....	34
4.3	Dimensionamento dos painéis de derivação da Linha DL14.....	35
4.3.1	Dimensionamento do para-raios .....	35

4.3.2	Dimensionamento do transformador de tensão .....	36
4.3.3	Dimensionamento transformador de intensidade.....	38
4.3.4	Dimensionamento dos seccionadores .....	40
4.3.5	Dimensionamento Disjuntor de potência.....	40
4.3.6	Dimensionamento do barramento .....	42
4.3.7	Ajuste do relé .....	47
5	CAPÍTULO V: ESTIMATIVA DE CUSTO .....	51
6	CAPÍTULO V: CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	52
6.1	Conclusão .....	52
6.2	Recomendações .....	53
6.3	Bibliografia .....	54

### Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrônimos

---

<b>UEM</b>	Universidade Eduardo Mondlane
<b>EDM</b>	Eletricidade De Moçambique
<b>DTSU</b>	Divisão de Transporte Sul
<b>SE</b>	Subestação Eléctrica
<b>DL</b>	Linhas com nível de tensão igual á 66 kV
<b>CL</b>	Linhas com nível de tensão igual á 110 kV
<b>BL</b>	Linhas com nível de tensão igual á 275 kV
<b>IEC</b>	<i>Internacional Electrotechnical Commission</i> /Comissão Electrotécnica Internacional
<b>LT</b>	Linha de Transmissão
<b>RTI</b>	Relação de transformação de intensidade
<b>RTT</b>	Relação de transformação de tensão
<b>SF6</b>	Hexafluoreto de enxofre
<b>SiO</b>	Carboneto de Silício
<b>ZnO</b>	Óxido de Zinco
<b>SCADA</b>	<i>Supervisory Control And Data Acquisition</i> / Sistema de Supervisão, Controlo e Aquisição de Dados
<b>TI</b>	Transformador de Intensidade
<b>TT</b>	Transformador de tensão
<b>TTC</b>	Transformador de tensão capacitivo
<b>TTI</b>	Transformador de tensão indutivo
<b>AC</b>	<i>Alternating Current</i> / Corrente Alternada
<b>DC</b>	<i>Direct Current</i> / Corrente Contínua
<b>Hz</b>	Hertz
<b>k</b>	quilo
<b>km</b>	quilómetro
<b>kV</b>	quilo-Volt
<b>m</b>	metro
<b>mm</b>	milímetro
<b>m<sup>3</sup></b>	metro cúbico

<b>mm<sup>2</sup></b>	milímetro-quadrado
<b>MPa</b>	Mega-Pascal
<b>MVA</b>	Mega-Volt-Ampère
<b>MW</b>	Mega-Watt
<b>n.º</b>	Número
<b>M</b>	Módulo de elasticidade do barramento ( $kg / cm^2$ )
<b>J</b>	Momento de inércia do barramento ( $cm^4$ )
<b>p</b>	Peso linear do barramento ( $kg / cm$ )

---

## Lista de figuras

Figura 1: Representação do sistema eléctrico de potência (Fonte: Silva, 2020).....	5
Figura 2: Exemplo de um painel eléctrico exterior (Fonte: O Autor, 2025). .....	8
Figura 3: Para-raios e o respectivo símbolo (Fonte: O Autor, 2025) .....	11
Figura 4: Transformador de tensão e o respectivo símbolo (Fonte: O Autor, 2025).....	13
Figura 5: Seccionador e respectivo símbolo (Fonte: O Autor, 2025). .....	16
Figura 6: Transformadores de intensidade e seu respectivo símbolo (Fonte: O Autor, 2025). .....	19
Figura 7: Disjuntor a SF6 e respectivo símbolo (Fonte: O Autor, 2025). .....	20
Figura 8: Barramento tubular rígido (Fone: Autor, 2025).....	23
Figura 9: Zonas de proteção e tempo de atuação do relé distância (Fonte: Cruz, 2013). .....	27
Figura 10: Rede Sul simplificada (Fonte: EDM).....	29
Figura 11: Vista a satélite da Subestação de Infulene (Fonte: Google earth, 2025).....	30

## Lista de tabelas

Tabela 1: Características da linha DL14 (Fonte: O Autor, 2025) .....	34
Tabela 2: Especificações das características dos para-raios (Fonte: O Autor, 2025) ...	36
Tabela 3: Características técnicas do transformador de tensão (Fonte: O Autor, 2025) .....	37
Tabela 4: Características técnicas do transformador de intensidade (Fonte: O Autor, 2025) .....	39
Tabela 5: Características técnicas do transformador de intensidade (Fonte: O Autor, 2025) .....	40
Tabela 6: Características técnicas do disjuntor (Fonte: O Autor, 2025) .....	41
Tabela 7: Parâmetros do Barramento (Fonte: Autor, 2025).....	42
Tabela 8: Grandezas do cálculo da resistência mecânica ao curto-circuito (Fonte: O Autor, 2025).....	44
Tabela 9: Grandezas do cálculo dos esforços térmicos devidos ao curto-circuito (Fonte: O Autor, 2025).....	45
Tabela 10: Grandezas do cálculo dos esforços térmicos devidos ao curto-circuito (Fonte: O Autor, 2025).....	46

# **1 CAPÍTULO I: FUNDAMENTAÇÃO DO PROJECTO**

## **1.1 Introdução**

A confiabilidade e a continuidade no fornecimento de energia eléctrica são fundamentais para o desenvolvimento económico e social de qualquer país, tornando essencial a sua disponibilidade contínua e segura. A EDM, criada em 27 de agosto de 1977, é responsável pela produção, transporte e distribuição de energia eléctrica em Moçambique. Na região sul, a DTSU gerencia o transporte de energia e opera as subestações da região, garantindo que a electricidade gerada alcance os consumidores.

As subestações são pontos-chave na rede eléctrica, pois transformam e distribuem a energia das fontes geradoras para os centros de consumo. Para assegurar que a electricidade seja entregue com segurança, essas instalações contam com sistemas de protecção compostos por transformadores de corrente e de potencial, relés, disjuntores e chaves seccionadoras, que evitam que falhas em um ponto da rede comprometam o fornecimento para toda a região.

A linha DL14 de 66 kV, que parte da Subestação Matola 275 até a Subestação de Boane, possui derivações em T que alimentam as subestações LIMAK e Matola Rio. Nessas derivações, ocorrem limitações na operação e na manutenção da linha, além de redução da sua confiabilidade. Uma solução técnica eficiente é a utilização da configuração de entrada e saída, que integra equipamentos de manobra, protecção e medição, permitindo operações mais seguras e flexíveis. O presente trabalho tem como objectivo dimensionar os equipamentos de protecção e de corte exterior de 66 kV para as derivações em T das subestações LIMAK e Matola Rio na linha DL14, propondo melhorias na confiabilidade e na operação da rede de transmissão.

## **1.2 Formulação do problema**

Actualmente, os dois pontos de derivação em T da linha DL14 de 66 kV, que alimentam as subestações LIMAK e Matola Rio, operam sem a configuração de entrada e saída.

Durante a operação da linha, verificam-se desafios técnicos que afectam a confiabilidade do fornecimento de energia. Parte do seu trajecto passa por zonas industriais, onde o acúmulo de poeiras nos isoladores aumenta o risco de descargas

eléctricas e falhas no isolamento. Além disso, nem toda a extensão da linha está protegida por cabos de guarda, deixando determinados segmentos mais vulneráveis a sobretensões atmosféricas.

Outro factor crítico está relacionado às manutenções periódicas realizadas nas subestações Matola 275 e Boane. Devido à actual configuração dos pontos de derivação, é frequentemente necessário desligar toda a linha DL14 para realizar intervenções nessas subestações, comprometendo o fornecimento de energia para as demais instalações atendidas. Diante desse cenário, surge a pergunta de partida: **como reconfigurar os pontos de derivação em T da linha DL14 para alimentar as subestações LIMAK e Matola Rio?**

### 1.3 Justificativa

A operação segura e eficiente dos sistemas de transmissão de energia eléctrica é fundamental para garantir a confiabilidade, a qualidade e a continuidade do fornecimento de energia. No caso da linha DL14 de 66 kV, que interliga a Subestação Matola 275 à Subestação de Boane e alimenta as subestações LIMAK e Matola Rio por meio de derivações em T, existem limitações técnicas que impactam directamente a flexibilidade operacional da rede.

Actualmente, a inexistência da configuração de entrada e saída nos pontos de derivação dificulta o isolamento individual dos vãos derivados, o que obriga ao desligamento completo da linha DL14 sempre que há necessidade de manutenções nas subestações Matola 275 ou Boane. Essa situação aumenta os riscos de interrupções prolongadas no fornecimento de energia eléctrica, provoca perdas económicas e reduz a confiabilidade do sistema. A implementação da configuração de entrada e saída nos pontos de derivação em T da linha DL14 permitirá maior segurança operacional, redução de impactos de falhas, isolamento rápido de vãos comprometidos e melhor gerenciamento do fluxo de energia eléctrica. Além disso, essa solução promove uma operação mais eficiente, flexível e confiável, atendendo às exigências actuais do sistema eléctrico e contribuindo para a modernização da rede de transmissão.

## 1.4 Objectivos

Para a realização deste projecto foram traçados os seguintes objectivos:

### 1.4.1 Objectivo geral

- ✓ Aumentar a fiabilidade através da reconfiguração da linha DL14 de 66 kV da Electricidade de Moçambique - EDM – Divisão de Transporte Sul.

### 1.4.2 Objectivos específicos

- ✓ Dimensionar os equipamentos que compõem os painéis de corte;
- ✓ Dimensionar as protecções para cada vão da linha e para os pontos de derivação;
- ✓ Recalcular os parâmetros eléctricos dos vãos derivados da linha DL14 após a nova configuração;
- ✓ Estimar o custo do projecto.

## 1.5 Metodologia

Para a satisfação dos objectivos acima definidos, foi traçada a seguinte metodologia de pesquisa:

- **Pesquisa bibliográfica:** nesta etapa serão realizadas pesquisas bibliográficas em livros, artigos e sites oficiais, pertinentes ao conteúdo abordado, com o intuito de obter o máximo de dados necessários para a composição da componente teórica e ao desenvolvimento do presente projecto.
- **Pesquisa de campo:** Serão coletados dados directamente no local, por meio de observação e análise da configuração actual da linha DL14, visando identificar características técnicas, limitações operacionais e informações relevantes para o dimensionamento dos equipamentos de corte exterior.

## 1.6 Estrutura do trabalho

Este trabalho está organizado em seis capítulos, cada um desempenhando um papel fundamental na compreensão e no desenvolvimento do projecto.

No **primeiro capítulo**, denominado Fundamentação do Projecto, apresentam-se as considerações iniciais do estudo. São introduzidos o objecto de estudo, a problemática que motiva a realização do projecto, as razões que justificam a sua elaboração, bem como os objectivos e a metodologia adoptada.

O **segundo capítulo** dedica-se à Revisão da Literatura, onde é realizada a fundamentação teórica necessária à compreensão e resolução dos problemas identificados no primeiro capítulo.

No **terceiro capítulo**, faz-se uma breve apresentação da empresa onde decorreu o estágio profissional, incluindo a sua constituição, missão, visão e as principais actividades desenvolvidas durante o período de estágio.

O **quarto capítulo**, intitulado Desenvolvimento do Projecto, constitui o núcleo central do trabalho. Nele, apresenta-se a solução proposta para a reconfiguração da linha em estudo, bem como o dimensionamento dos equipamentos envolvidos. São descritos os requisitos funcionais, as especificações técnicas e os procedimentos adoptados no desenvolvimento da proposta.

No **quinto capítulo** é apresentada a Estimativa de Custos associada à implementação do projecto, contendo a identificação dos materiais, equipamentos e demais recursos necessários.

Por fim, no **sexto capítulo**, denominado Considerações Finais, são expostas as conclusões decorrentes do trabalho desenvolvido, bem como recomendações para estudos ou projectos futuros relacionados ao tema.

## 2 CAPÍTULO II: REVISÃO DA LITERATURA.

### 2.1 Sistema eléctrico de potência

Sistemas Eléctricos de Potência (SEP) são grandes sistemas de energia constituídos por usinas geradoras, linhas de transmissão e sistema de distribuição (ZANETTA, 2006). A sua principal função é assegurar que a energia produzida nas centrais de geração chegue aos consumidores finais de forma contínua, segura e confiável.

O Sistema Eléctrico de Potência pode ser dividido, de forma geral, nos seguintes sectores principais:

- Geração;
- Transmissão;
- Distribuição.

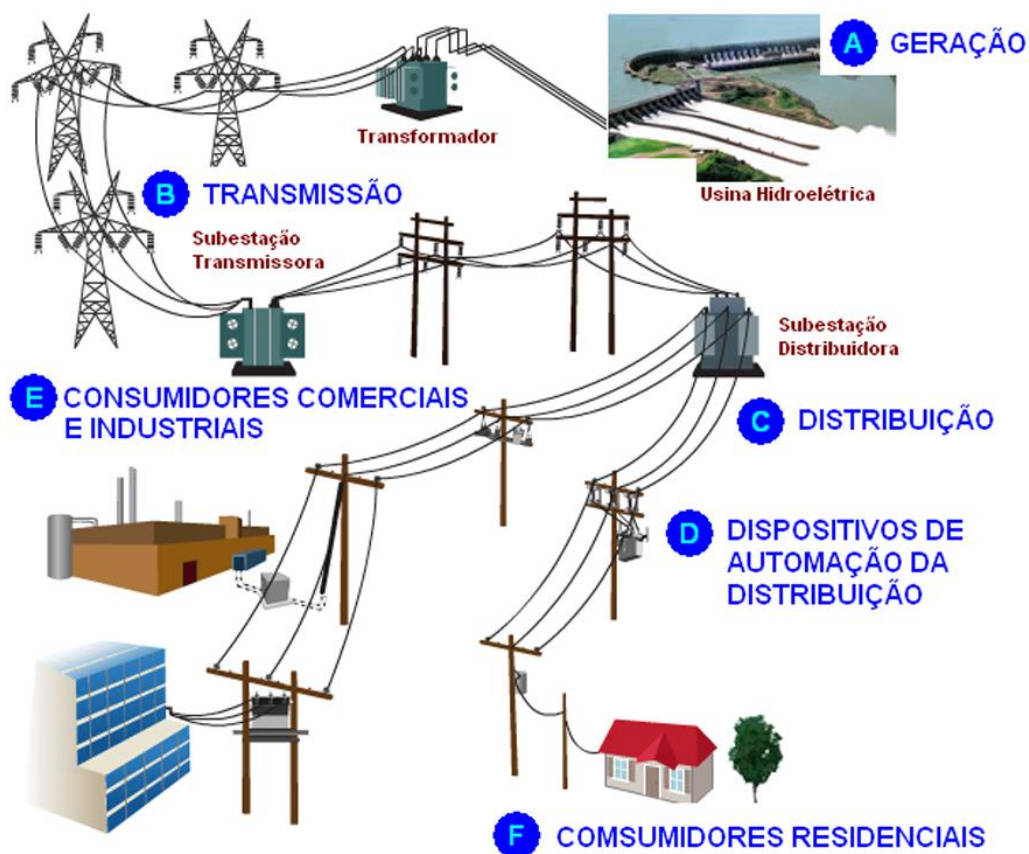


Figura 1: Representação do sistema eléctrico de potência

Fonte: Silva, 2020

A geração ocorre nas centrais eléctricas, onde a energia é produzida e, subseqüentemente, elevada ou reduzida através de transformadores, consoante as exigências do sistema de transmissão. Na transmissão, a energia percorre as linhas de alta tensão até alcançar as diversas subestações. Em cada subestação, a energia é dirigida aos transformadores de distribuição, os quais a rebaixam para níveis adequados ao consumo pelos utilizadores finais.

A energia eléctrica, para ser conduzida desde os centros de geração até os pontos de distribuição, necessita de uma infraestrutura adequada que possibilite o seu encaminhamento e controle. Tal processo requer conexões e dispositivos de manobra que permitam operar as linhas de transmissão e os alimentadores de forma segura, confiável e contínua.

Além das operações de manobra, é igualmente indispensável dispor de meios para modificar e regular os níveis de tensão, de modo a satisfazer as diferentes exigências dos diversos tipos de consumidores. Essa variação e regulação da tensão são realizadas por intermédio das subestações eléctricas, as quais desempenham a função essencial de transformar, distribuir e direccionar os blocos de energia eléctrica entre os vários níveis do sistema, garantindo a transferência eficiente e controlada da potência de um ponto a outro da rede.

## **2.2 Subestações eléctricas**

As subestações são partes componentes do "Sistema de Transmissão" (sistema eléctrico sem a geração, distribuição e consumidores) e podem ser definidas como sendo um conjunto de equipamentos destinados a transformar e regular as tensões geradas ou transportadas, permitir a operação segura das partes componentes do sistema, eliminar ou reduzir as faltas e permitir o estabelecimento de alternativas para o suprimento (o mais continuo possível) da energia eléctrica. (PRAZERES, 2010).

### **2.2.1 Funções de uma Subestação**

As subestações desempenham funções essenciais no manejo da energia eléctrica, podendo ser resumidas em três operações fundamentais:

- **Transformação** – Alteração dos níveis de tensão, de modo a adequá-los às exigências de transmissão, distribuição e consumo.

- **Regulação** – Manutenção da tensão dentro dos limites aceitáveis e admissíveis, assegurando a estabilidade do sistema.
- **Chaveamento** – Conexão ou desconexão de componentes do sistema, permitindo orientar o fluxo de energia e isolar partes defeituosas, garantindo a continuidade do fornecimento eléctrico.

Além destas, algumas subestações possuem uma função adicional: a de conversão, destinada a modificar as características da energia eléctrica, seja transformando corrente alternada em contínua ou alterando a frequência. Estas são designadas subestações conversoras.

### 2.2.2 Tipos de Subestações

Para distribuir energia, quer em tensões de transmissão destinadas a outros centros consumidores, quer em tensões de subtransmissão e distribuição para consumo local, e considerando que as subestações podem interligar sistemas eléctricos provenientes de duas ou mais fontes, distinguem-se os seguintes tipos de subestações:

- **Subestação Interligadora** – Recebe energia de duas ou mais fontes, destinando-a ao transporte para grandes centros consumidores.
- **Subestação de Transmissão** – Semelhante à anterior, recebe grandes blocos de energia e os redistribui a outros centros consumidores, em tensões de transmissão ou subtransmissão.
- **Subestação de Distribuição** – Abaixa a tensão para níveis adequados de distribuição ou subtransmissão, tornando-a própria para consumo directo.

### 2.3 Painel eléctrico

Segundo Mamede (2013), um painel eléctrico genericamente compreende um conjunto de dispositivos de manobra associados a equipamentos de protecção, comando, medição e controle complementados por acessórios instalados internamente a um cubículo normalmente metálico dotado de estruturas de suporte.

Os painéis eléctricos podem integrar disjuntores, seccionadores, fusíveis, relés de protecção, equipamentos de medidas e demais componentes, de modo a assegurar um fornecimento de energia eléctrica fiável e seguro para os referidos pontos de derivação. Instalados em pontos de derivação, são concebidos de acordo com as

necessidades específicas de cada instalação, considerando a carga eléctrica, os requisitos de segurança e as normas regulamentares aplicáveis.



Figura 2: Exemplo de um painel eléctrico exterior

Fonte: O Autor, 2025

### 2.3.1 Classificação dos painéis eléctricos

Os painéis eléctricos podem ser classificados de diferentes formas, ou seja:

#### a) Quanto à função

Os painéis eléctricos podem ser projectados para desempenhar diferentes funções dentro de um sistema eléctrico, conforme segue:

- **Painel de comando:** destinado à instalação de equipamentos de comando e manobra de circuitos de baixa ou média tensão, tais como disjuntores, contactores, chaves seccionadoras, chaves inversoras, entre outros.
- **Painel de controlo:** destinado à instalação de dispositivos e circuitos que realizam o controlo de equipamentos a partir de sinais enviados por relés ou outros dispositivos.

- **Painel de medição:** destinado à instalação de equipamentos e dispositivos para a medição de parâmetros eléctricos, tais como consumo, demanda, corrente, entre outros.
- **Painel de protecção:** destinado a proteger equipamentos e circuitos contra sobrecargas, curtos-circuitos e outras falhas eléctricas.
- **Painel de distribuição:** utilizado para distribuir energia eléctrica a diferentes circuitos ou áreas do sistema.
- **Painel para banco de capacitores:** destinado à instalação de unidades capacitivas, chaves de comando e controlador de factor de potência, com a finalidade de controlar o factor de potência e evitar custos por excesso de energia ou demanda reactiva.

#### **b) Quanto ao nível de tensão**

O nível de tensão de um painel eléctrico encontra-se relacionado com a classe de tensão dos equipamentos nele instalados. Em geral, os painéis classificam-se nos seguintes níveis:

- **Painel de baixa tensão (BT):** concebido para operar em sistemas eléctricos com tensões inferiores a 1 kV, como em instalações residenciais e comerciais.
- **Painel de média tensão (MT):** destinado a sistemas com tensões compreendidas entre 1 kV e 33 kV, como em subestações e instalações industriais.
- **Painel de média/alta tensão (MAT):** utilizado em sistemas com tensões superiores a 33 kV, como em subestações e centrais de geração de energia.

#### **c) Quanto ao tipo de montagem**

- **Painel de parede:** montado directamente na parede, é especialmente adequado para instalações de dimensões reduzidas ou locais onde se pretende economizar espaço útil no chão. Este tipo de painel é comum em ambientes residenciais, comerciais e pequenas indústrias, permitindo fácil acesso aos

dispositivos de comando, protecção e medição, ao mesmo tempo que mantém a organização e a segurança da instalação.

- **Painel de piso:** instalado directamente sobre o chão ou em bases próprias, destina-se a grandes instalações onde existe maior disponibilidade de espaço, como subestações, indústrias e centros de distribuição de energia. Este tipo de painel permite acomodar equipamentos de maiores dimensões, maior número de circuitos e dispositivos auxiliares, facilitando a manutenção e o acréscimo futuro de componentes, bem como o adequado isolamento e ventilação dos equipamentos de média ou alta tensão.

#### d) Quanto a localização

- **Painel de interior:** instalado dentro de edifícios ou estruturas, este tipo de painel beneficia de protecção natural contra intempéries, poeira e humidade. É comum em ambientes residenciais, comerciais e industriais, permitindo fácil acesso para operação, manutenção e supervisão dos equipamentos eléctricos.
- **Painel de exterior:** montado ao ar livre, em subestações, instalações industriais ou locais sem protecção contra intempéries. Estes painéis são especialmente concebidos para resistir a condições ambientais adversas, como chuva, radiação solar, poeira e variações de temperatura. Possuem normalmente invólucros robustos, selagem adequada e sistemas de ventilação ou refrigeração que garantem a fiabilidade e segurança dos equipamentos eléctricos instalados.

### 2.3.2 Equipamentos do painel eléctrico

Os painéis eléctricos integram diversos equipamentos essenciais ao seu funcionamento, incluindo equipamentos de medição para monitorizar grandezas eléctricas, equipamentos de transformação que adaptam níveis de tensão ou corrente, equipamentos de manobra, como disjuntores e chaves seccionadoras, e equipamentos de protecção, como relés destinados a salvaguardar os circuitos e garantir a fiabilidade do fornecimento de energia.

#### 2.3.2.1 Para-raios

Segundo Prazeres (2010), para-raios é um dispositivo destinado a proteger os circuitos e os equipamentos a eles ligados de descargas atmosféricas, as quais

ocasionam sobre-tensão na linha podendo danificar os equipamentos, caso não estejam protegidos. Devido a estas características, os pára-raios são colocados às entradas e saídas de linhas de transmissão e redes de distribuição que chegam ou saem das subestações, como também na entrada e saída dos transformadores de potência.

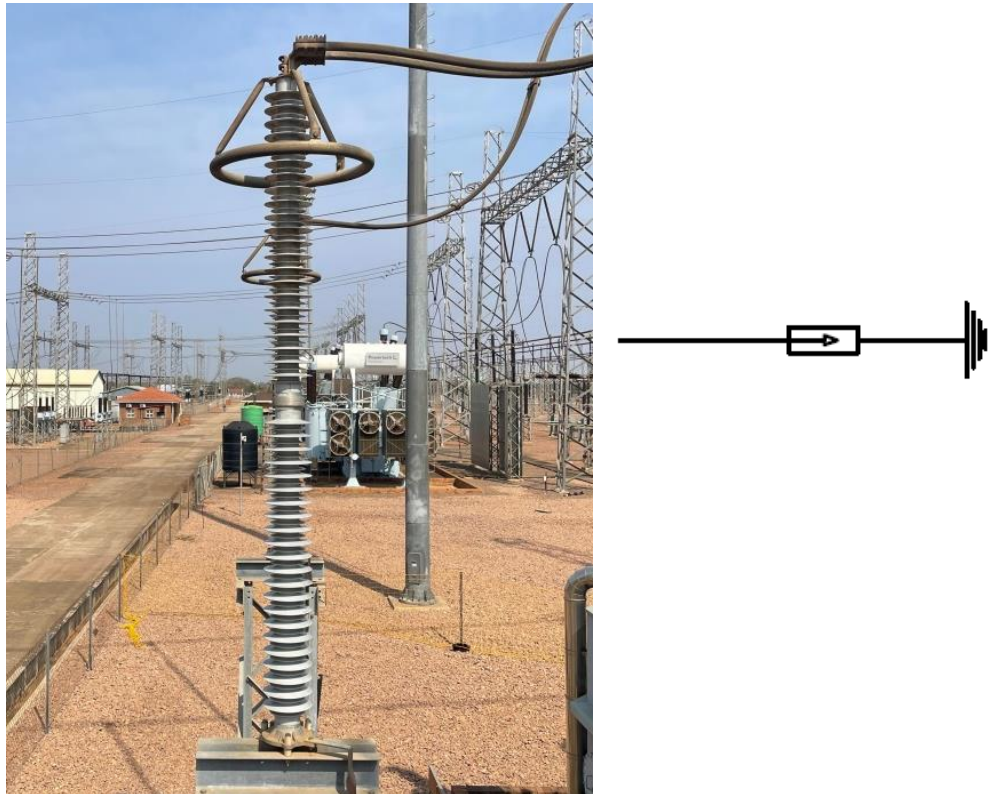


Figura 3: Para-raios e o respectivo símbolo

Fonte: O Autor, 2025

Os pára-raios são conectados em paralelo com as cadeias de isoladores, tendo como função reduzir as sobretensões transitórias que se estabelecem nos terminais dessas cadeias, evitando que os níveis de isolamento sejam excedidos.

Quando ocorre uma descarga atmosférica na estrutura, nos cabos pára-raios ou nos condutores de fase, parte da corrente de surto flui através do pára-raios, gerando uma tensão residual que limita a tensão resultante na cadeia de isoladores. Por isso, é imprescindível coordenar os níveis de protecção do pára-raios com os níveis de descarga das cadeias que se pretende proteger. A corrente de surto conduzida pelo pára-raios depende da amplitude e forma da descarga, da impedância transitória do

sistema de aterramento e da impedância dos cabos pára-raios, retornando o sistema às condições normais de operação após a passagem do surto, cuja duração máxima se situa na ordem de centenas de microsegundos.

Os pára-raios podem ser utilizados tanto na protecção de estruturas edificadas como na protecção de linhas de transmissão, redes de distribuição e subestações eléctricas, resguardando estes sistemas contra sobretensões provocadas por descargas atmosféricas ou manobras no sistema eléctrico

### **2.3.2.1.1 Características construtivas**

Os pára-raios apresentam duas principais características construtivas que asseguram o seu correcto funcionamento e a protecção do sistema eléctrico. São fabricados com elementos não lineares, podendo utilizar carbonato de silício (SiC) ou óxido de zinco (ZnO), materiais que permitem a condução controlada das correntes de surto e a limitação das sobretensões.

#### **a) Para-raios de carboneto de Silício**

Os para-raios a carboneto de silício utilizam como resistor não linear o próprio SiC e apresentam em série um centelhador, constituído por vários *gaps* (espaços vazios) que permitem a condução controlada da corrente de surto. A sua construção básica compreende diversos elementos essenciais: os resistores não lineares, que limitam as sobretensões; o corpo de porcelana, que assegura suporte mecânico e isolamento; o centelhador série, que controla o disparo do surto; o desligador automático, que protege o equipamento em caso de falha; o protetor contra sobrepressão, que garante segurança adicional; e a mola de compressão, responsável por manter a pressão adequada sobre os elementos internos.

#### **b) Para-raios de Óxido de Zinco**

Os para-raios a óxido de zinco utilizam como resistor não linear o próprio óxido de zinco (ZnO) e, ao contrário dos para-raios de carboneto de silício, não possuem centelhadores em série. A sua constituição básica compreende quatro elementos principais: o corpo de porcelana, que fornece suporte mecânico e isolamento; os resistores não lineares, responsáveis por conduzir a corrente de surto e limitar as sobretensões; o corpo polimérico, que protege os elementos internos e assegura

resistência às condições ambientais; e o contador de descargas, que permite registrar o número de surtos que o para-raios sofreu, facilitando a manutenção e avaliação do seu estado de operação.

### 2.3.2.2 Transformador de tensão

Os transformadores de tensão são equipamentos que permitem aos instrumentos de medição e protecção funcionarem adequadamente sem que seja necessário possuir tensão de isolamento de acordo com a da rede à qual estão ligados. (Mamede, 2013)

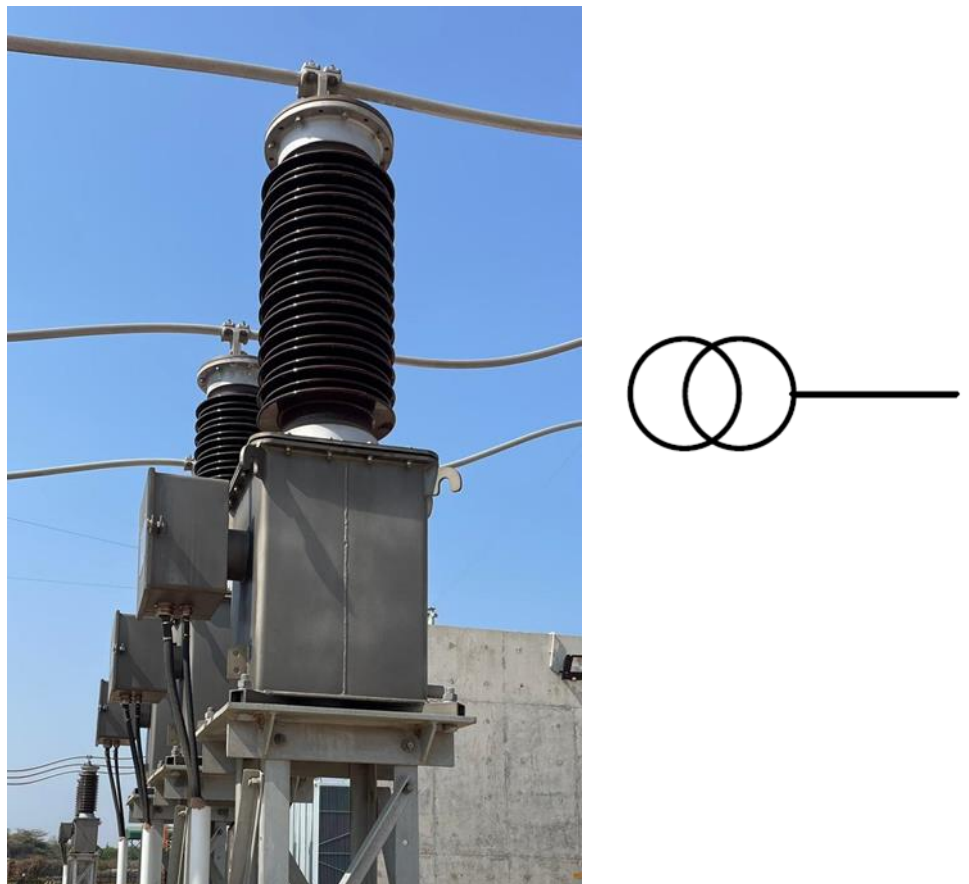


Figura 4: Transformador de tensão e o respectivo símbolo

Fonte: O Autor, 2025

Na sua forma mais simples, os transformadores de tensão possuem um enrolamento primário com muitas espiras e um enrolamento secundário, por meio do qual se obtém a tensão desejada, normalmente padronizada em 115 V ou  $115/\sqrt{3}$  V. Deste modo, os instrumentos de protecção e medição podem ser dimensionados em tamanho reduzido, com bobinas e outros componentes de baixa isolamento.

Estes transformadores são utilizados para alimentar aparelhos de elevada impedância, tais como voltímetros, relés de tensão e bobinas de tensão de medidores de energia, permitindo a medição segura e precisa em sistemas eléctricos de alta tensão.

#### **2.3.2.2.1 Características construtivas**

O enrolamento primário é constituído por uma bobina de várias camadas de fio, geralmente com esmaltação dupla, enrolada em torno de um núcleo de ferro magnético, sobre o qual também se posiciona o enrolamento secundário.

Os enrolamentos secundário e terciário são feitos de fio de cobre duplamente esmaltado, isolados do núcleo e do primário por meio de fitas de papel especial.

Os transformadores de tensão são fabricados de acordo com o grupo de ligação requerido, atendendo às tensões primárias e secundárias necessárias e ao tipo de instalação, garantindo assim desempenho seguro e adequado às normas eléctricas. Podem ser fabricados em epóxi, com núcleo e enrolamentos encapsulados, compactos e leves, mas descartáveis se danificados, ou em óleo, onde o conjunto seco a vácuo é preenchido com óleo isolante. O tanque é de chapa de ferro pintada ou galvanizada, com isoladores de porcelana na parte superior dois para transformadores do grupo 1 e apenas um para os grupos 2 e 3 e, em alguns casos, inclui um tanque de expansão de óleo para acomodação térmica.

Os transformadores de tensão podem ser fabricados segundo dois tipos básicos: indutivos e capacitivos, cada um adequado a diferentes aplicações e características do sistema eléctrico.

#### **2.3.2.2.2 Transformadores de tensão do tipo indutivo**

Estes transformadores possuem um enrolamento primário envolvendo um núcleo de ferro-silício comum ao enrolamento secundário e funcionam com base na conversão eletromagnética entre os dois enrolamentos. Os transformadores de tensão indutivos são amplamente utilizados em sistemas com tensões até 138 kV, devido ao seu custo de produção inferior ao dos tipos capacitivos.

Para uma tensão aplicada ao enrolamento primário, obtém-se nos terminais secundários uma tensão reduzida, proporcional à relação de transformação. De forma

inversa, uma tensão aplicada ao secundário produz nos terminais primários uma tensão elevada, igualmente determinada pela relação de transformação do equipamento.

Os transformadores de tensão indutivos classificam-se em três grupos de ligação:

- **Grupo 1:** projetados para ligação entre fases, suportando continuamente 10% de sobrecarga.
- **Grupo 2:** projetados para ligação entre fase e neutro em sistemas diretamente aterrados.
- **Grupo 3:** projetados para ligação entre fase e neutro em sistemas onde a eficácia do aterramento não é garantida.

#### 2.3.2.2.3 Transformador de tensão do tipo capacitivo

Os transformadores de tensão capacitivos são construídos com dois conjuntos de capacitores que formam um divisor de tensão ligado em fase-terra, destinado ao circuito conectado. Estes transformadores são projectados para sistemas de tensão nominal superior a 138 kV.

Embora similares construtivamente aos transformadores de instrumentos e de tensão indutivos, os TTc não se distinguem pelo tipo de serviço (proteção ou medição), sendo principalmente classificados segundo classes de exatidão:

- **Classe 0,3:** utilizada em medições de energia eléctrica para fins de facturamento.
- **Classe 0,6:** aplicada na alimentação de instrumentos de medição sem finalidade de facturamento e em equipamentos de protecção.
- **Classe 1,2:** destinada à medição indicativa de tensão.

As faixas de operação são definidas de acordo com a finalidade: para medições, entre 0,9 e 1,1 V<sub>n</sub>; para protecção, entre 0,05 e 1,9 V<sub>n</sub>, sendo V<sub>n</sub> a tensão nominal do transformador de tensão.

### 2.3.2.3 Seccionador

Os seccionadores são dispositivos destinados à abertura, fechamento, transferências de cargas e aterramento de trechos dos circuitos a que estão instalados. Esses equipamentos são projetados para operar após a abertura dos disjuntores e atender aos seguintes requisitos de manobras (Duailibe, 2015):

- Os seccionadores só devem ser operados quando não houver passagem de corrente, garantindo a segurança do operador;
- Quando estiverem em serviço, não devem criar resistência adicional à corrente eléctrica;
- Devem garantir o isolamento seguro das partes sob tensão, ou seja, quando abertos, precisam criar uma distância de isolamento suficiente para evitar qualquer risco de passagem acidental de corrente.



Figura 5: Seccionador e respectivo símbolo

Fonte: O Autor, 2025

Os seccionadores constituem componentes essenciais das subestações de potência, pois asseguram uma distância de isolamento visível através de um vão em ar, confirmando a separação física entre partes energizadas e não energizadas do circuito.

### **2.3.2.3.1 Características de funcionamento**

Os seccionadores têm várias funções, sendo as mais comuns abrir o circuito por motivos operacionais ou isolar partes do sistema para permitir a manutenção segura de determinados trechos.

Podem ser classificados com base em duas características, tais como:

#### **i. Tipo de abertura**

##### **a) Seccionadores de abertura central**

O seccionador de abertura central é o tipo mais amplamente utilizado. A base do seccionador suporta o mecanismo de operação e dois isoladores de suporte rotativos. Os braços do percurso de corrente, fixados aos isoladores, abrem-se ao centro.

##### **b) Seccionadores Pantográficos**

Este tipo de seccionador possui uma distância de isolamento vertical e é geralmente utilizado em sistemas de barramentos para interligar dois barramentos, um barramento a uma linha, ou um barramento a um transformador de potência.

##### **c) Seccionadores de abertura vertical**

Este tipo de seccionador é adequado para instalações com reduzida distância entre fases. O seu caminho de corrente abre-se verticalmente, exigindo um afastamento mínimo entre fases

##### **d) Seccionadores de dupla abertura lateral**

Este tipo de seccionador possui três isoladores de suporte. O isolador colocado ao centro é montado sobre uma unidade rotativa e suporta o caminho da corrente. Os dois isoladores das extremidades permanecem fixos.

##### **e) Seccionadores abertura lateral**

Os seccionadores com abertura lateral são constituídos por duas colunas de isoladores ligadas a uma única base, de forma que o contacto fixo seja sustentado por uma coluna fixa e o contacto móvel por uma coluna rotativa. Este dispositivo possui uma lâmina responsável pelo movimento de abertura e fecho dos contactos, o qual ocorre de maneira paralela ao plano de montagem do seccionador.

## **f) Seccionadores de aterramento**

Os seccionadores de aterramento são constituídos por duas colunas de isoladores fixos, contactos fixos e uma lâmina cujo movimento de abertura e fecho ocorre paralelamente aos isoladores. A utilização deste tipo de seccionador garante a desenergização completa dos componentes de alta tensão em um circuito ou painel de manobra.

### **ii. Tipo de operação e comando**

Os seccionadores podem operar de duas formas: em grupo, quando todos os polos estão interligados mecanicamente e operam simultaneamente; ou monopolar, quando cada polo é accionado individualmente. Quanto ao tipo de comando, podem ser manuais ou motorizados, permitindo a automatização do accionamento dos contactos.

Para garantir a segurança, os seccionadores devem ser accionados apenas após o disjuntor ter interrompido a corrente no ramo correspondente. Quando o ramo precisa ser recolocado em serviço, o seccionador deve ser fechado antes do disjuntor retornar à posição de engate.

### **2.3.2.4 Transformador de intensidade**

Segundo Mamede (2013), os transformadores de intensidade são equipamentos que permitem aos instrumentos de medição e protecção funcionar adequadamente sem que seja necessário possuírem correntes nominais de acordo com a corrente de carga do circuito ao qual estão ligados.

Os Transformadores de intensidade (TIs) operam com base no princípio da indução eletromagnética, convertendo correntes elevadas que circulam no enrolamento primário em correntes reduzidas no secundário, de acordo com uma relação de transformação previamente definida.

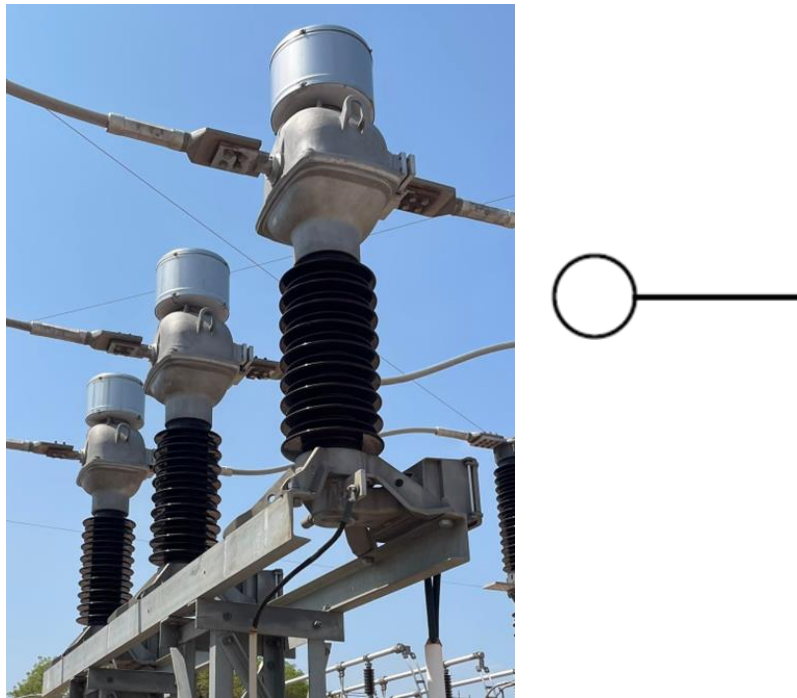


Figura 6: Transformadores de intensidade e seu respectivo símbolo

Fonte: O Autor, 2025

Quando a corrente primária percorre o seu enrolamento, estabelece-se um fluxo magnético alternado no núcleo do transformador. Este fluxo, por sua vez, induz forças eletromotrizes (f.e.m.) tanto no enrolamento primário como no secundário, garantindo que a corrente secundária seja proporcional à corrente primária, dentro dos limites de exatidão do transformador.

#### **2.3.2.4.1 Características construtivas**

Os transformadores de intensidade (TIs) são dispositivos projetados para desempenhar funções específicas, dependendo do tipo de serviço a que se destinam. Os TIs de medição e os de protecção possuem características distintas, como classes de exatidão, tipos de núcleo, curva de saturação e configuração dos enrolamentos.

Segundo Rodriguês (2015), os TIs de medição operam com o núcleo saturado de forma que seja possível estimar as correntes de alta tensão que circulam por ele. Este tipo de transformador possui como característica a classe de exatidão de 0,3%, 0,6% e 1,2% e a faixa de operação entre 0 a  $k \cdot I_n$ , onde  $k$  corresponde a relação de

transformação real (variando de 1,2 a 2,0) e  $I_n$  a corrente nominal do transformador de intensidade.

Já os TIs de protecção operam com o núcleo não saturado, isolando o circuito primário do circuito secundário e fornecendo a corrente do secundário para equipamentos de protecção como, por exemplo, os relés. Estes equipamentos possuem classe de exatidão de 5% e 10% e faixa de operação entre 0 a  $k \cdot I_n$ , onde  $k$  corresponde a relação de transformação real (variando de 20 a 50) e  $I_n$  a corrente nominal do transformador de corrente (Rodrighês, 2015).

### 2.3.2.5 Disjuntor de potência

Os disjuntores são equipamentos destinados à interrupção e ao restabelecimento das correntes eléctricas num determinado ponto do circuito (Mamede, 2013). Eles devem actuar tanto em condições normais de operação quanto em situações de falha, sendo capazes de interromper correntes elevadas em frações de segundo para garantir a segurança e a estabilidade do sistema eléctrico. Permanecem continuamente em serviço, submetidos à tensão e à corrente de carga, muitas vezes em ambientes adversos com variações de temperatura, umidade e poeira. Mesmo após longos períodos sem operação, eles devem responder de forma imediata quando solicitados.



Figura 7: Disjuntor a SF6 e respectivo símbolo

Fonte: O Autor, 2025

A principal função do disjuntor é interromper correntes de curto-circuito no menor tempo possível, minimizando os danos aos equipamentos e à rede eléctrica. Contudo, além dessa função essencial, ele também deve ser capaz de interromper correntes em regime normal de operação, tanto em carga plena quanto em vazio, além de realizar a energização de circuitos sob diferentes condições de funcionamento.

Os disjuntores, quando utilizados em sistemas eléctricos, devem sempre estar associados a relés de protecção. Esses relés são responsáveis por monitorar grandezas como corrente, tensão e potência, e, a partir dos ajustes definidos, decidir se há necessidade de enviar o comando de abertura ao disjuntor. Sem essa associação, o disjuntor actua apenas como um dispositivo de manobra, sem garantir protecção efectiva ao sistema.

O disjuntor deve responder de forma imediata quando solicitado, executando manobras complexas em frações de segundo para garantir a segurança e a estabilidade do sistema eléctrico.

#### **2.3.2.5.1 Tipos de disjuntores**

O que diferencia os tipos de disjuntores é a forma como o arco eléctrico é extinto dentro de suas câmaras. Portanto, os principais tipos de disjuntores são: a óleo, a ar comprimido, e a gás hexafluoreto de enxofre (SF<sub>6</sub>).

##### **a. Disjuntor a óleo**

No disjuntor a óleo, como o próprio nome indica, os contactos encontram-se imersos em óleo isolante, o qual serve tanto para a extinção do arco eléctrico quanto como meio isolante entre os contactos e a estrutura do disjuntor.

##### **b. Disjuntor a ar comprimido**

No disjuntor a ar comprimido, o ar serve como meio isolante, sendo que um jacto de ar altamente pressurizado é lançado, geralmente de forma transversal ao arco, com o propósito de extingui-lo no menor tempo possível.

##### **c. Disjuntor a gás SF<sub>6</sub>**

O princípio de funcionamento do disjuntor a gás é semelhante ao do disjuntor a ar comprimido; contudo, o meio isolante é o gás SF<sub>6</sub>, escolhido pelas suas superiores propriedades isolantes sendo inerte, inodoro, não inflamável e quimicamente estável.

Independentemente do tipo de disjuntor, os seguintes parâmetros básicos caracterizam a qualidade operativa do mesmo (Frazão, 2019):

- Estando com seus contactos fechados, o disjuntor deve ser um excelente condutor, ou seja, apresentar perdas mínimas;
- Estando com seus contactos abertos, o disjuntor deve ser um excelente isolador entre as partes do sistema interligadas por ele;
- Tendo em mente que a intensidade da corrente de curto-circuito pode atingir valores extremamente elevados, o disjuntor deve ser capaz de suportar, sem se danificar, a máxima corrente de curto que o atravessa para, em seguida, interrompê-la;
- O tempo de operação do disjuntor, também denominado tempo de comutação, deve ser extremamente curto, da ordem de milis segundos, de acordo com a norma IEC 56.3.105, cuja finalidade é minimizar a intensidade dos arcos eléctricos nas câmaras de extinção;
- O disjuntor não pode causar sobretensões durante a comutação;
- O disjuntor deve ser confiável e seguro em toda a sua operação.

#### **2.3.2.6 Barramento**

Os barramentos são fundamentais para realizar a interligação de todos os equipamentos de uma subestação, possibilitando o transporte de energia. Estes barramentos são formados por condutores, que geralmente são fabricados em dois tipos principais de materiais: cobre ou alumínio. Em alguns casos, quando se necessita de maior resistência também é utilizado o aço junto ao cobre ou alumínio para aumentar a resistência mecânica geral do condutor.



Figura 8: Barramento tubular rígido

Fonte: Autor, 2025

Para o dimensionamento de barramentos, devem ser considerados quatro passos fundamentais, que consistem na verificação de que um determinado barramento escolhido, é adequado ou não a uma determinada instalação eléctrica (subestação neste caso):

#### **I. Em função da condição de aquecimento em regime permanente**

A verificação da condição de aquecimento é realizada mediante a simples comparação entre a corrente de serviço da instalação e a corrente máxima admissível pelo barramento seleccionado. Esta última pode ser determinada através da consulta de tabelas específicas ou dos dados técnicos fornecidos pelos fabricantes.

#### **II. Em função da resistência mecânica ao curto-circuito**

Após a escolha do barramento, verifica-se se este é capaz de suportar os esforços electrodinâmicos provocados por um curto-circuito. Para tal, calcula-se a corrente de choque, correspondente ao valor máximo instantâneo da corrente de curto-circuito, momento em que o barramento é sujeito ao maior esforço.

#### **III. Em função dos esforços térmicos devidos ao curto-circuito**

O dimensionamento térmico visa determinar a secção mínima do condutor capaz de suportar a corrente de curto-circuito durante o tempo de fadiga térmica.

#### **IV. Em função da condição de ressonância**

No último passo, procura-se garantir que, aquando da ocorrência de um curto-circuito, a frequência de ressonância própria do barramento não se encontre perigosamente próxima da frequência eléctrica da instalação, evitando condições de funcionamento arriscadas.

### 2.3.2.7 Relés de protecção

Encarregado da monitoração permanente do estado eléctrico da rede até a elaboração dos comandos de eliminação das peças defeituosas e seu comando pelo circuito de trip. Executam a tarefa de elementos lógicos que começam com a operação de abertura de fecho.

#### 2.3.2.7.1 Tipos de Relés

Nesta etapa serão descritos relés de protecção mais utilizados, as respectivas funções, representadas por códigos numéricos padronizados *pela American National Standards Institute (ANSI)*, bem como os tipos de polarização associados a cada relé:

##### ➤ **Relé diferencial de corrente**

O relé diferencial de corrente destina-se a comparar as correntes eléctricas que percorrem os dois terminais (zona protegida) do equipamento que se pretende ser protegido. Tal relé actua quando a diferença entre a corrente de entrada e a corrente de saída ultrapassa um valor previamente estabelecido ou ajustado. A polarização do relé efectua-se por corrente.

##### ✓ **Função ANSI**

O relé diferencial possui a função ANSI número 87.

##### ➤ **Relé de subtensão**

O relé de subtensão actua quando a tensão do sistema desce para valores inferiores ao limite previamente ajustado (geralmente cerca de 80% da tensão nominal). A sua polarização é efectuada por tensão.

##### ✓ **Função ANSI**

O número que expressa a função ANSI do relé de subtensão é o 27.

➤ **Relé de sobretensão**

São relés que entram em acção quando a tensão do sistema excede um valor previamente estabelecido ou ajustado (cerca de 110% da tensão nominal). A sua polarização é feita por tensão.

✓ **Função ANSI**

O número que representa a sua Função ANSI é 59.

➤ **Relé de bloqueio**

O relé de bloqueio é um dispositivo destinado a receber os sinais de disparo provenientes de outros relés e a actuar sobre a bobina de abertura do disjuntor. A sua missão primordial consiste em impedir o religamento do disjuntor enquanto subsistir a falta no sistema, visto que o religamento só poderá ocorrer após o restabelecimento manual ou automático do próprio relé de bloqueio.

✓ **Função ANSI**

O número ANSI para esta função é o 86.

➤ **Relé de distância**

O relé de distância actua quando a impedância da linha de transmissão se torna inferior ao valor previamente ajustado. O tempo de actuação é proporcional à distância que medeia entre o ponto onde o relé se encontra instalado e o local da falta.

A polarização deste tipo de relé faz-se por corrente e por tensão, visto que a medição da impedância resulta da relação entre estas grandezas eléctricas.

✓ **Função ANSI**

O número da função ANSI que representa o relé de distância é o 21.

➤ **Relé de frequência**

O relé de frequência é um dispositivo destinado a vigiar a frequência do sistema eléctrico, actuando sempre que esta desça abaixo do valor ajustado (subfrequência) ou o exceda (sobrefrequência). A sua polarização é realizada por tensão.

✓ **Função ANSI**

O número que expressa a função ANSI do relé de frequência é o 81.

➤ **Relé de Sobrecorrente**

O relé de sobrecorrente actua quando a corrente que percorre o equipamento a proteger ultrapassa um valor previamente ajustado. Trata-se do tipo de relé de protecção mais amplamente utilizado nos sistemas eléctricos, dada a sua simplicidade e eficácia. O nível de disparo é estabelecido pelo ajuste do tap, normalmente definido em amperes no secundário do transformador de Intensidade (TI). A polarização deste tipo de relé é efetuada por corrente.

✓ **Função ANSI**

O número que expressa a função ANSI do relé de sobrecorrente é o 50/51.

### **2.3.2.7.2 Principais pontos a serem considerados na aplicação de relés de distância**

Devido à sua simplicidade na parametrização (ajuste e coordenação) e à sua viabilidade económica, para linhas de transmissão aplicam-se protecções principais e de retaguarda, sendo a protecção de distância a mais utilizada.

#### **Zonas de protecção**

Uma zona de protecção estabelece-se em torno de cada componente do sistema eléctrico, de modo a garantir a devida selectividade. Assim, instalam-se disjuntores nos pontos de ligação entre componentes sucessivos do sistema. A selectividade e a coordenação dos relés de distância dependem directamente dos ajustes das respectivas zonas de protecção, pois o alcance de cada zona está associado a tempos de actuação distintos.

Deve salientar-se que, de forma geral, empregam-se três zonas de protecção; contudo, conforme a aplicação, podem ser acrescentadas zonas adicionais de actuação.

Segundo Cruz (2013), os critérios de ajuste das zonas de protecção dos relés de distância são definidos do seguinte modo:

- **Primeira zona:** corresponde a um alcance equivalente a 80% a 90% da impedância total da linha de transmissão, actuando de forma instantânea.
- **Segunda zona:** abrange 100% do alcance da primeira zona, acrescido de 20% a 50% da linha de transmissão adjacente, possuindo uma temporização típica entre 0,30 e 0,60 segundos.
- **Terceira zona:** cobre 100% do alcance da primeira zona, acrescido de 100% do alcance da segunda zona, e ainda 20% a 50% da linha de transmissão adjacente, apresentando uma temporização geralmente situada entre 0,80 e 1,0 segundos.

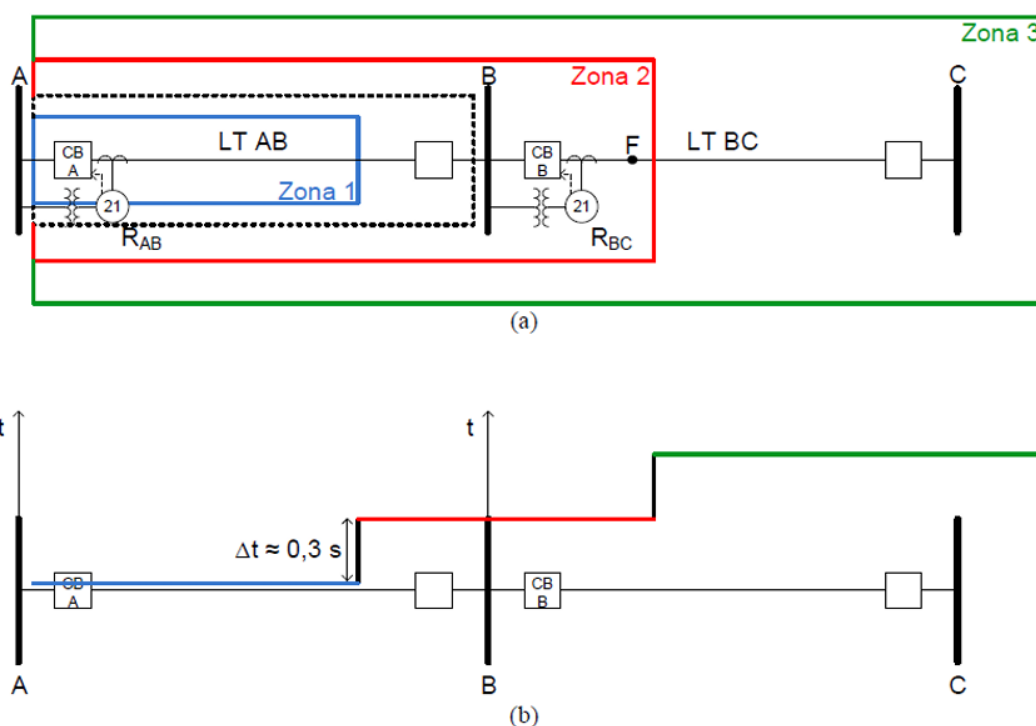


Figura 9: Zonas de protecção e tempo de atuação do relé distância

Fonte: Cruz, 2013

Na Figura 9 (a) observam-se as zonas de protecção de um relé de distância que salvaguarda o vão entre as barras A e B. A linha pontilhada representa a zona de protecção ideal, na qual seria desejável que o relé actuasse de forma instantânea.

Contudo, como existe sempre um pequeno erro na determinação do alcance exacto, define-se a Zona 1 com sub-alcance, garantindo que não haja actuação para além do primeiro vão da linha AB.

A Zona 1 não protege todo o vão da linha de transmissão, pois a área entre o fim da Zona 1 e a barra B não fica totalmente coberta. Por essa razão, utiliza-se uma segunda zona de protecção, cujo alcance ultrapassa o terminal da linha. Assim, quando ocorre uma falta no ponto F, a Zona 2 do relé RAB deve ser ajustada para que a protecção do vão seguinte actue antes do relé localizado no terminal A.

A segunda zona de protecção do relé RAB também funciona como protecção de retaguarda para a linha BC, dependendo do alcance definido para essa zona. Para garantir protecção de retaguarda para toda a linha, o relé deve ainda dispor de uma terceira zona de protecção.

### **3 CAPÍTULO III: APRESENTAÇÃO DA EMPRESA ONDE DECORREU O ESTÁGIO PROFISSIONAL (EDM).**

#### **3.1 Considerações iniciais**

Nesse capítulo é apresentada a instituição onde se realizou o estágio profissional, bem como os departamentos que compõem a instituição.

##### **3.1.1 Divisão de Transporte Sul**

A Divisão de Transporte Sul é o órgão responsável pela operação e manutenção da rede de transmissão na Região Sul do Sistema Eléctrico Nacional (SEN), assegurando a continuidade e a fiabilidade do fornecimento de energia eléctrica. Esta rede possui elevada importância estratégica, pois abastece a maior concentração populacional e industrial do país, com destaque para a área metropolitana de Maputo, Matola e Boane.

A Rede Eléctrica do Sul constitui uma das três grandes regiões do SEN de Moçambique, abrangendo as seguintes províncias de Maputo (Cidade e Província), Gaza, e Inhambane.

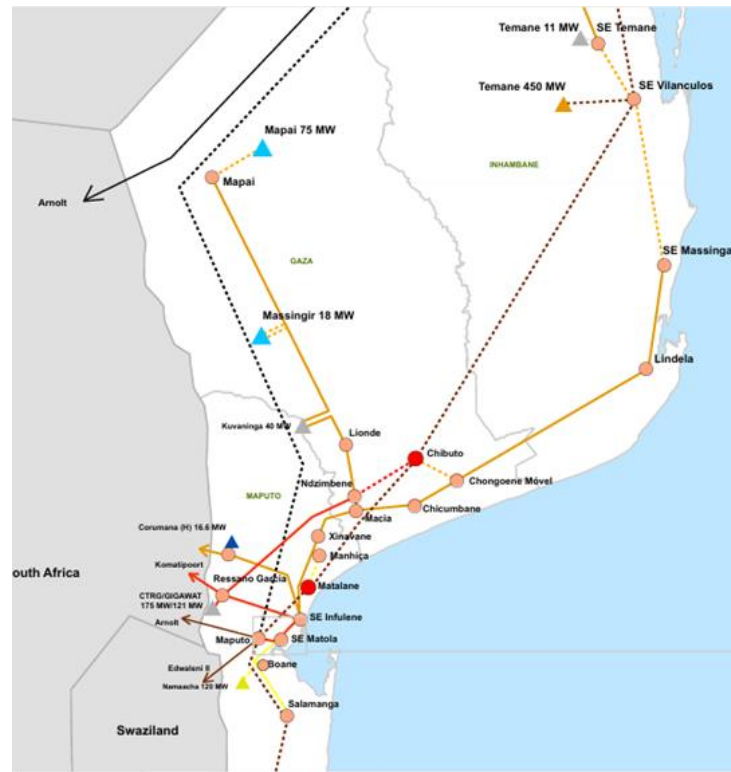


Figura 10: Rede Sul simplificada

Fonte: Portal da EDM, 2025

No Sistema Eléctrico Nacional, o transporte de energia eléctrica na Rede Sul é realizado em quatro níveis principais de tensão, nomeadamente 400 kV, 275 kV, 110 kV e 66 kV. Geralmente, os níveis de 400 kV, 275 kV e 110 kV são utilizados para o transporte de energia em longas distâncias, enquanto o nível de 66 kV destina-se à interligação de subestações nas cidades.

### 3.1.2 Subestação de Infulene: Breve Descrição

Localizada no bairro Infulene, próximo à Zona Verde, na Cidade da Matola, a Subestação de Infulene é uma das mais antigas de Moçambique e constitui um dos principais pontos de abastecimento de energia eléctrica para a Região Sul do país, desempenhando um papel de grande relevância na economia nacional.

Essa subestação desempenha um papel crucial no fornecimento de energia eléctrica para a região sul do país, contribuindo significativamente para a economia nacional.

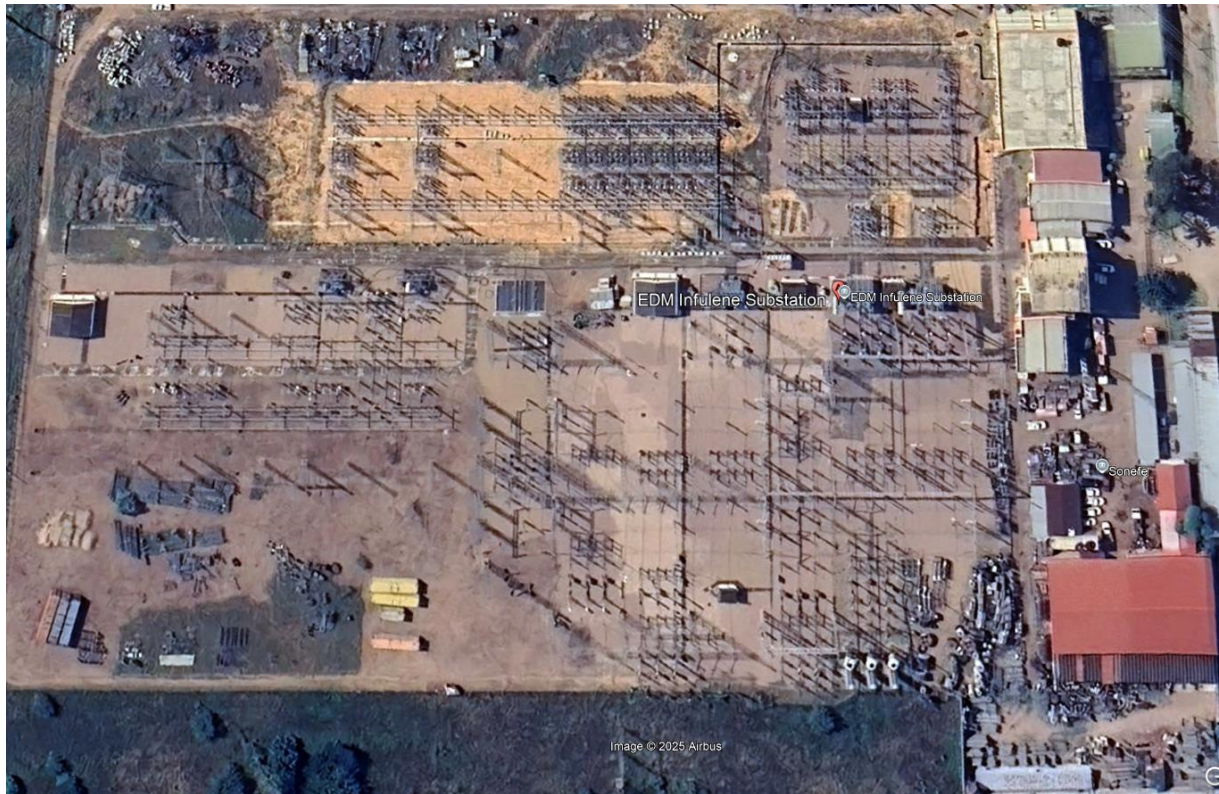


Figura 11: Vista a satélite da Subestação de Infulene

Fonte: Google earth, 2025

A Subestação de Infulene opera em três níveis de tensão: 275 kV, 110 kV e 66 kV, cada um equipado com barramentos duplos, o que garante maior continuidade no serviço.

A subestação está equipada com os seguintes transformadores:

- ✓ Três transformadores de 275/66 kV com potências de 2x250 MVA e 60 MVA;
- ✓ Dois transformadores de 110/66 kV com potências 30 MVA.

A Subestação possui duas linhas de chegada de 275 kV, denominadas BL1 e BL2. A linha BL1 provém da Subestação de Matola 275, enquanto a linha BL2 provém da Subestação de Ressano Garcia. De referir que esta subestação também se encontra interligada à Central de Corumana através da linha CL4.

Na Subestação de Infulene é onde se encontram os departamentos responsáveis pela operação e manutenção da Divisão de Transporte Sul, nomeadamente:

### **3.1.2.1 Departamento de Linhas e Infraestruturas**

O Departamento de Linhas e Infraestruturas é responsável pela operação e manutenção das infraestruturas das linhas de transmissão em toda a Rede de Transmissão da Região Sul de Moçambique. As suas principais actividades incluem:

- Reparo e substituição de torres, condutores, isoladores e outros componentes das linhas;
- Construção e manutenção das linhas de transmissão;
- Atendimento de emergências em caso de queda de torres e linhas;
- Inspeção regular das linhas para identificar e corrigir problemas de segurança e desempenho.

### **3.1.2.2 Departamento de Equipamento de Potência**

O Departamento de Equipamento de Potência é responsável pelos equipamentos eléctricos de grande porte, como transformadores, disjuntores e outros equipamentos, em todas as subestações na Região Sul de Moçambique. Este departamento desempenha actividades como:

- Teste e ensaios de equipamentos para garantir conformidade com os padrões de segurança e desempenho;
- Instalação de equipamentos de potência;
- Gestão de projectos relacionados à instalação e operação de equipamentos de potência;
- Manutenção preventiva e correctiva dos equipamentos para assegurar o seu funcionamento confiável.

### **3.1.2.3 Departamento de Subestações**

O Departamento de Subestações é responsável por garantir a segurança dos equipamentos eléctricos e a integridade da Rede de Transmissão da Região Sul de Moçambique, bem como zelar pelas infraestruturas de comunicação, sistemas de

controlo e monitoramento remoto da subestação. As suas principais actividades incluem:

- Seleção e configuração de relés de protecção para os equipamentos da subestação, como transformadores, disjuntores e linhas de transmissão;
- Projeto e implementação de redes de comunicação para conectar dispositivos da subestação, como relés de protecção e sensores, ao sistema SCADA;
- Monitoramento contínuo da rede eléctrica e dos equipamentos da subestação para identificar eventos anormais;
- Configuração e manutenção do sistema SCADA para monitorar e controlar remotamente os equipamentos da subestação.

## 4 CAPÍTULO IV: DESENVOLVIMENTO DO PROJECTO

### 4.1 Descrição do projecto

O presente projecto consiste no dimensionamento dos painéis de corte de entrada e de saída para os dois pontos de derivação em T da linha DL14, com o propósito de assegurar um fornecimento de energia mais seguro e eficiente às cargas a ela conectadas, promovendo um sistema eléctrico estável, fiável e com menor incidência de interrupções.

Actualmente, as derivações para as Subestações LIMAK e Matola Rio estão ligadas directamente,, sem a incorporação de dispositivos de manobra e protecção. Nestas condições, quando ocorre uma falta a jusante do ponto de derivação, a protecção localizada no início da linha, na Subestação Matola 275, actua para a sua eliminação, resultando, porém, na interrupção total do fornecimento de energia a todas as cargas alimentadas ao longo da linha.

Assim, propõe-se uma nova configuração para as derivações das Subestações LIMAK e Matola Rio, mediante a instalação de painéis de entrada e saída devidamente equipados com dispositivos de medição, protecção, corte, manobra e seccionamento. Com esta solução, no caso de ocorrência de uma falta a jusante do ponto de derivação, a protecção actua localmente no painel correspondente, eliminando a falha sem afectar o fornecimento de energia às demais cargas abastecidas pela linha DL14.

A proposta estabelece, portanto, a divisão funcional da linha DL14 em três troços:

- DL14A: da Subestação Matola 275 até à Subestação LIMAK
- DL14B: da Subestação LIMAK até à Subestação Matola Rio
- DL14C: da Subestação Matola Rio até à Subestação Boane

## 4.2 Características da linha DL14

A linha objecto de estudo, denominada DL14, apresenta as suas principais características resumidas na tabela abaixo.

Tabela 1: Características da linha DL14

Características	Valor/descrição
Nome da linha	DL14
Tensão nominal	66 kV
Corrente nominal	1049,72 A
Condutor	ACCC LISBON
Comprimento	21,9 km
Ano de construção	1998
Potência máxima	120 MVA
Resistência a 30°C	0,0918 Ω/km
Reatância (X+/-)	0,2220 Ω/km
Susceptância (B+/-)	3,0450 μS/km
Corrente de curto-circuito	7242,9419 A
Frequência nominal	50 Hz
Cabo de guarda	Não possui
Número de torres / postes	109
Tipo de isolador	Vidro

Fonte: O Autor, 2025

### ➤ Cálculo da corrente de curto-circuito

- Cálculo da impedância total da linha:

$$\Rightarrow R_{total} = R \times L = 0,0918 \times 21,9 = 2,01\Omega$$

$$\Rightarrow X_{total} = X \times L = 0,2220 \times 21,9 = 4,8618\Omega$$

$$Z_{total} = \sqrt{R_{total}^2 + X_{total}^2} = \sqrt{2,0104^2 + 4,8618^2} = \sqrt{4,0417 + 23,6370} = 5,2610\Omega$$

- Corrente de curto-circuito trifásica:

$$I_{CC} = \frac{V_L}{\sqrt{3} \times Z_{total}} \Leftrightarrow I_{CC} = \frac{66 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 5,2610} \Rightarrow I_{CC} = 7242,9419A$$

### 4.3 Dimensionamento dos painéis de derivação da Linha DL14

No âmbito deste projecto, serão realizados o dimensionamento e a especificação dos equipamentos que compõem os painéis de derivação, incluindo:

- ✓ Sistema de proteção contra sobretensões (para-raios);
- ✓ Transformadores de tensão;
- ✓ Seccionadores;
- ✓ Transformadores de intensidade;
- ✓ Disjuntores de potência;
- ✓ Barramentos;
- ✓ Ajuste dos relés de proteção.

#### 4.3.1 Dimensionamento do para-raios

Para o dimensionamento dos para-raios das subestações LIMAK e Matola Rio será utilizado o catálogo da ABB, considerando a tensão nominal da linha.

$$U_{m\acute{a}x} = 1,05U_n \quad (1)$$

$$U_{m\acute{a}x} = 1,05U_n = 1,05 \times 66 \text{ kV} = 69,3 \text{ kV}$$

Selecciona-se um para-raios com uma tensão máxima padronizada logo acima:

$$U_{m\acute{a}x} = 72 \text{ kV}$$

Para um sistema com aterramento eficaz e tensão máxima de operação de 72 kV, a tensão nominal mínima do para-raios é determinada pela seguinte equação:

$$U_r = 0,8U_{m\acute{a}x} \quad (2)$$

$$U_r = 0,8U_{m\acute{a}x} = 0,8 \times 72 \text{ kV} = 57,6 \text{ kV}$$

Para as subestações de LIMAK e Matola Rio, selecciona-se um pára-raios com tensão nominal padronizada imediatamente acima:

$$U_r = 60 \text{ kV}$$

- Para uma tensão máxima de 72 kV, o para-raios será do tipo PEXLIM R com descarga de linha de classe 2 e com a corrente de descarga nominal de 10 kA.
- Para o nível de poluição baixo, a fuga específica é de  $16\text{mm}/\text{kV}(U_{\text{máx}})$ .
- A distância de fuga será:  $d = \frac{16\text{mm}}{\text{kV}} \times 72 \text{ kV} = 1152\text{mm}$
- Designação dos para-raios seleccionados: PEXLIM R 60-YH072

**Observação:** Nas subestações de **LIMAK** e **Matola Rio**, cada painel deverá ser protegido por um conjunto de três pára-raios, sendo instalado um para-raios em cada fase, com o objectivo de proteger os equipamentos eléctricos contra descargas atmosféricas e sobretensões.

Poderão igualmente ser utilizados para-raios de marca diferente, desde que apresentem características técnicas equivalentes e estejam em conformidade com as normas aplicáveis.

A tabela a baixo apresenta as características dos para-raios.

Tabela 2: Especificações das características dos para-raios

Características	Valor/descrição
Tensão nominal	60 kV
Corrente nominal de descarga	10 kA
Frequência nominal	50 Hz
Nível de proteção contra impulsos de comutação	124 kV
Nível de proteção contra impulsos atmosféricos	156 KV
Distância de fuga	1152mm
Tipo construtivo	$110/\sqrt{3} \text{ V}$

Fonte: O Autor, 2025

O catálogo referente a estes para-raios encontra-se anexado na Tabela A.1-1, A1-2 e A1-3 (Anexo 1 – Especificações técnicas do para-raios).

#### 4.3.2 Dimensionamento do transformador de tensão

Para o dimensionamento dos transformadores de tensão (TT), deve atender-se ao grupo de ligação, sendo, no presente caso, aplicável o Grupo 2, uma vez que o

sistema se encontra projectado para ligação entre fase e neutro de um sistema directamente aterrado.

**Observação:** Assim, para um sistema de 66 kV, recomenda-se a instalação de um transformador de tensão indutivo, com as seguintes características ou equivalente: isolamento em papel impregnado em óleo, cuja relação nominal de transformação é de  $(66/\sqrt{3})kV / (110/\sqrt{3})V$ .

Os transformadores de tensão propostos para a instalação são do modelo UTD-72, da Artech, possuindo, segundo as normas da IEC, classes de precisão e cargas nominais de 100 VA, Classe 0,2 / 3P. O catálogo referente a estes transformadores de potencial encontra-se anexado na Tabela A.2-1 e A.2-2 (Anexo 2 - Especificações técnicas do transformador de tensão).

A tabela seguinte apresenta as características técnicas do transformador de tensão proposto para a instalação.

Tabela 3: Características técnicas do transformador de tensão

<b>Características</b>	<b>Valor/descrição</b>
Instalação	Exterior
nível nominal do sistema	66 kV
Tensão máxima do sistema	72,5 kV
Frequência	50 Hz
Ligação à terra	Efectiva
Tensão nominal primaria	$66/\sqrt{3}$ kV
Tensão nominal secundaria	$110/\sqrt{3}$ V
Relação de transformação	$(66/\sqrt{3})kV / (110/\sqrt{3})V$
Grupo de ligação	2
Carga nominal	100VA
Classe de precisão	0,2 / 3P
Tensão suportável nominal de frequência fundamental de curta duração	140 kVp
Tensão suportável nominal de impulso atmosférico	325 kVp
Aplicação	Protecção e medição

Fonte: O Autor, 2025

Tendo em conta que a linha para a qual se propõe a reconfiguração é a mesma, o transformador de tensão dimensionado é aplicável a ambos os pontos de derivação, especificamente aos painéis de entrada propostos para instalação nas Subestações LIMAK e Matola Rio.

#### 4.3.3 Dimensionamento transformador de intensidade

- O transformador intensidade deve funcionar adequadamente em condição normal de operação:

$$I_{p(nomTC)} \geq k \times I_{p(nom)} \quad (3)$$

$k$  - factor de sobrecarga da concessionaria (  $k = 1, 2$  )

- O transformador de intensidade não deve saturar sob condição de falta máxima:

$$20 \times I_{p(nomTC)} \geq I_{f(max)} \quad (4)$$

Assim:

$$I_{p(nomTC)} \geq k \times I_{p(nom)} \Leftrightarrow I_{p(nomTC)} \geq 1,2 \times 1049,727 A \Rightarrow I_{p(nomTC)} \geq 1259,672 A$$

$$20 \times I_{p(nomTC)} \geq I_{f(max)} \Leftrightarrow I_{p(nomTC)} \geq \frac{7242,9419}{20} \Rightarrow I_{p(nomTC)} \geq 362,147 A$$

O transformador de intensidade (TI) seleccionado será:

$$I_{p(nomTC)} = 1500 A$$

$$I_{s(nomTC)} = 1 A$$

A carga total a ser ligada ao secundário do transformador de intensidade (TI) é 14VA, então a impedância será:

$$Z_C = \frac{S_C}{I_{s(nomTC)}^2} \Leftrightarrow Z_C = \frac{14}{5^2} \Rightarrow Z_C = 0,56 \Omega$$

A máxima tensão induzida no secundário do transformador de intensidade (TI) será:

$$V = 20 \times I_{s(nomTC)} \times Z_C \Leftrightarrow V = 20 \times 5 \times 0,56 \Leftrightarrow V = 56 V$$

$$\Rightarrow V = 100 V$$

**Observação:** Tendo em consideração os cálculos anteriormente apresentados e, de acordo com as recomendações da norma IEC, selecciona-se, para o presente projecto, o transformador de intensidade modelo IOSK, da Siemens, com isolamento em óleo e relação de transformação de 1500/5 A, aplicável a ambas as Subestações LIMAK e Matola Rio.

Poderá igualmente ser utilizado um transformador de intensidade de modelo ou marca diferente, desde que apresente características técnicas equivalentes e esteja em conformidade com as normas aplicáveis.

A tabela seguinte apresenta as características técnicas do transformador de intensidade proposto para a instalação.

Tabela 4: Características técnicas do transformador de intensidade

<b>Características</b>	<b>Valor/descrição</b>
Instalação	Exterior
Corrente nominal primaria	1500 A
Corrente nominal secundaria	1 A
Relação de transformação	1500/5 A
Tensão nominal secundaria	110 V
Tensão suportável nominal de frequência fundamental de curta duração	140 kV
Tensão suportável nominal de impulso atmosférico	325 kV
Frequência nominal	50 Hz
Classe de exatidão para protecção	5P
Classe de exatidão para medição	0,5
Aplicação	Protecção e medição

Fonte: O Autor, 2025

O catálogo referente a estes transformadores de intensidade encontra-se anexado na Tabela A.3-1 (Anexo 3 - *Especificações técnicas do transformador de intensidade*).

#### 4.3.4 Dimensionamento dos seccionadores

Tendo em consideração o nível de tensão do sistema, selecciona-se, para o presente projecto, o seccionador do modelo de abertura central, da Siemens.

O referido seccionador apresenta abertura central, configuração que assegura um isolamento eficaz entre as secções da linha de transmissão. Esta disposição permite dividir a lâmina de corte em duas partes, distribuindo de forma equilibrada os esforços mecânicos entre os isoladores, garantindo assim maior estabilidade e fiabilidade operacional.

O catálogo técnico correspondente a este seccionador encontra-se anexado na Tabela A.4-1 (Anexo 4 – *Especificações Técnicas do Seccionador*).

Tabela 5: Características técnicas do transformador de intensidade

<b>Características</b>	<b>Valor/descrição</b>
Tensão nominal	72,5 kV
Corrente nominal	1500 A
Frequência nominal	50 Hz
Capacidade de interrupção mínima	10 kA
Tensão suportável nominal de impulso atmosférico	325 kV
Tensão suportável nominal de frequência fundamental de curta duração	140 kV
Tipo de mecanismo de operação	Operação motorizada / Operação manual

Fonte: O Autor, 2025

**Observação:** Poderá igualmente ser utilizado um seccionador de marca diferente, desde que apresente características técnicas equivalentes e esteja em conformidade com as normas aplicáveis. Importa ainda ressaltar que estes seccionadores são aplicáveis a ambas as Subestações em questão.

#### 4.3.5 Dimensionamento Disjuntor de potência

Os disjuntores a instalar nos painéis serão tripolares de uso exterior, do modelo PFA1, da Merlin Gerin. Tendo-se em consideração o nível de potência e de tensão do sistema, a corrente nominal do disjuntor será:

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} \times U_n} \quad (5)$$

$$I_n = \frac{120 \times 10^6}{\sqrt{3} \times 66 \times 10^3} = 1049,727 \text{ A}$$

A corrente nominal do disjuntor deverá ser igual ou superior à corrente nominal do sistema, devendo assumir um valor padronizado, a ser consultado no catálogo da Merun Gerin, especificamente para o modelo PFA1. Em conformidade com a norma IEC, a corrente nominal será de 1500 A.

**Observação:** Os disjuntores a instalar nos painéis são aplicáveis a ambas as Subestações LIMAK e Matola Rio. Poderá igualmente ser utilizado um disjuntor de potência de marca diferente, desde que apresente características técnicas equivalentes e esteja em conformidade com as normas aplicáveis.

A tabela seguinte apresenta as características técnicas do disjuntor de potência proposto para a instalação.

Tabela 6: Características técnicas do disjuntor

Características	Valor/descrição
Isolador	Polimérico
Meio isolante	SF6
Frequência nominal	50 Hz
Tensão nominal	72,5 kV
Corrente nominal	1500 A
Tensão suportável nominal de frequência fundamental de curta duração	140 kV
Tensão suportável nominal de impulso atmosférico	325 kV
capacidade máxima de interrupção, até	31,5 kA
capacidade máxima de fechamento, até	79 kA de pico
Corrente máxima de curto-circuito (3s), até	31,5 kA

Fonte: O Autor, 2025

O catálogo técnico correspondente a este disjuntor de potência encontra-se anexado na Tabela A.5-1 (Anexo 5 – *Especificações Técnicas do disjuntor de potência*).

#### 4.3.6 Dimensionamento do barramento

Os barramentos servirão como pontos de ligação entre a linha que parte da Subestação Matola 275 até à Subestação LIMAK; a partir desta, a linha segue para alimentar a Subestação Matola Rio e, posteriormente, a Subestação Boane.

Para iniciar o procedimento de dimensionamento do barramento, é necessário definir as características das subestações em questão e da rede eléctrica. Os dados requeridos para o cálculo, que devem ser conhecidos a priori por não dependerem do perfil escolhido, encontram-se enumerados na tabela abaixo:

Tabela 7: Parâmetros do Barramento

Grandeza	Símbolo	Valor/descrição
Corrente nominal	$I_s$	1049,727 A
Corrente de curto-circuito	$I_{cc}$	7242,9419 A
Frequência	$f$	50 Hz
Factor $\chi$ (qui)	$\chi$	1,5
Factor $I_{cc}/I_p$	$I_{cc} / I_p$	2
Distância entre apoios	$l$	800 mm
Distância entre fases	$a$	630 mm
Tempo de actuação	$t$	0,1 s
Material do barramento	[ - ]	Alumínio
Carga de segurança à flexão	$\sigma$	600 Kgf / cm <sup>2</sup>
Modulo de elasticidade	$E$	65000 Kgf / cm <sup>2</sup>

Fonte: Autor, 2025

O dimensionamento de um barramento deve obedecer aos seguintes critérios fundamentais:

- Condições de aquecimento em regime permanente;
- Resistência mecânica ao esforço de curto-circuito;
- Esforços térmicos decorrentes do curto-circuito;
- Condições de ressonância.

Sendo a corrente de serviço da instalação 1049,727 A consultando a tabela 13-9 do Manual ABB Switchgear, (ANEXO 7), relativa às intensidades de corrente admissíveis em regime permanente para condutores de alumínio de secção tubular, escolheu-se o tubo que possa veicular essa corrente, nomeadamente o tubo 50 x 38 mm (corrente admissível = 1140 A). Condição de aquecimento em regime permanente.

Onde:

$$I_s = 1049,727 A; S = 707 mm^2; p = 1,91 kg / m.$$

$$I_{nB} \geq I_s \rightarrow 1140 A > 1049,727 A \text{ (Condição satisfeita)}$$

### ➤ Resistência mecânica ao curto-circuito

Segue-se calculando a corrente de choque, a força electromecânica e o momento flector:

$$I_{ch} = \chi \times \sqrt{2} \times I_{cc} \quad (6)$$

$$I_{ch} = \chi \times \sqrt{2} \times I_{cc} \Leftrightarrow I_{ch} = 1,5 \times \sqrt{2} \times 7242,9419 A \Rightarrow I_{ch} = 15364,6 A = 15,36 kA$$

$$F_e = 0,2 \times I_{ch}^2 \times \frac{l}{a} \Leftrightarrow F_e = 0,2 \times 15,36^2 \times \frac{800}{630} \Rightarrow F_e = 59,918 kgf$$

$$mf = \frac{F_e \times l}{16} \quad (7)$$

$$mf = \frac{F_e \times l}{16} = \frac{59,918 kgf \times 80 cm}{16} = 299,59 kgf / cm$$

De acordo com a tabela A7-2, para um tubo com dimensões 50x38 mm, o módulo de resistência é:

$$W = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{32D} \quad (8)$$

$$W = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{32D} \Leftrightarrow W = \frac{\pi(50^4 - 38^4)}{32 \times 50} \Rightarrow W = 8177,691 mm^3 = 8,177 cm^3$$

Verificando a condição:

$$W \geq \frac{mf}{\sigma} \Leftrightarrow W \geq \frac{299,59\text{kgf} / \text{cm}}{600\text{kgf} / \text{cm}^2} \Leftrightarrow 8,177\text{cm}^3 > 0,499\text{cm}^3 \text{ (condição satisfeita)}$$

Com tudo temos:

Tabela 8: Grandezas do cálculo da resistência mecânica ao curto-circuito

RESISTÊNCIA MECÂNICA AO CURTO-CIRCUITO		
Grandeza	Símbolo	Valor/descrição
Corrente de choque	$I_{ch}$	15,36kA
Força electromagnética	$F_e$	59,918kgf
Momento flector	$mf$	299,59kgf / cm
Módulo de flexão	$W$	8,177cm <sup>3</sup>
Fator lcc/lp	$I_{cc} / I_p$	2

Fonte: O Autor, 2025

#### ➤ Esforços térmicos devido ao curto-circuito

O dimensionamento relativo aos esforços térmicos causados por curto-circuito baseia-se no cálculo do tempo de fadiga térmica de um condutor, ou seja, o tempo durante o qual o condutor consegue suportar a corrente de curto-circuito sem comprometer a sua integridade.

De seguida verificam-se os esforços térmicos devidos ao curto-circuito. Começando por calcular  $I_{th}$  e a secção mínima:

$$I_{th} = I_{cc} \times \sqrt{m+n} \quad (9)$$

Os valores de m e n são obtidos a partir do gráfico em anexo 7:

$$\begin{aligned} \chi &= 1,5 \\ t &= 0,1s \end{aligned} \rightarrow m=0,175$$

$$\begin{aligned} \frac{I_{cc}}{I_p} &= 2 \\ t &= 0,1s \end{aligned} \rightarrow n=0,9$$

$$\text{Assim: } I_{th} = 7242,94 \times \sqrt{0,175 + 0,9} = 7509,64A$$

$$S_{\min} = \frac{I_{th}}{k} \times \sqrt{t} \quad (10)$$

O valor do factor k é obtido através da tabela A7-3, onde k=104 para alumínio.

$$S_{\min} = \frac{I_{th}}{k} \sqrt{t} \Leftrightarrow S_{\min} = \frac{7509,64}{104} \times \sqrt{0,1} \Rightarrow S_{\min} = 22,834mm^2$$

Para o tubo seleccionado a secção é  $707mm^2$ .

$$S_n \geq S_{\min} \Rightarrow 707mm^2 > 22,834mm^2 \text{ (condição satisfeita)}$$

Com tudo temos:

Tabela 9: Grandezas do cálculo dos esforços térmicos devidos ao curto-circuito

ESFORÇOS TÉRMICOS DEVIDOS AO CURTO-CIRCUITO		
Grandeza	Símbolo	Valor/descrição
Secção mínima	$S_{\min}$	$22,834mm^2$
Corrente de térmica	$I_{th}$	7509,64A
Factor K	$K$	104
Factor m	$m$	0,175
Factor n	$n$	0,9

Fonte: O Autor, 2025

#### ➤ **Condição de ressonância**

Neste passo procura-se garantir que, aquando da ocorrência de um curto-circuito, a frequência de ressonância própria do barramento, não se encontra perigosamente próxima da frequência eléctrica da instalação.

$$f_o \notin [f - 0,1f; f + 0,1 \times 2f; 2f + 0,1 \times 2f]$$

$$f_o \notin [50 - 0,1 \times 50; 50 + 0,1 \times 50] \cup [2 \times 50 - 0,1 \times 2 \times 50; 2 \times 50 + 0,1 \times 2 \times 50]$$

$$f_o \notin [45; 55] \cup [90; 110]$$

$$\text{Portanto, } f_o = 112 \sqrt{\frac{E \times J}{p \times l^4}}$$

Por fim verifica-se a condição de ressonância. Para isso, calcula-se o valor do momento de inércia de acordo com a tabela A7-2, tem-se:

$$J = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{64} \quad (11)$$

$$J = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{64} \Leftrightarrow J = \frac{\pi(50^4 - 38^4)}{64} \Rightarrow J = 204442,28 \text{mm}^4 = 20,444 \text{cm}^4$$

Para o material seleccionado tem-se:

$$E = 650000 \text{kgf} / \text{cm}^2$$

$$p = 1,91 \times 10^{-2} \text{kg} / \text{cm}$$

$$f_o = 112 \sqrt{\frac{E \times J}{p \times l^4}} \Rightarrow f_o = 112 \sqrt{\frac{650000 \text{kgf} / \text{cm}^2 \times 20,444 \text{cm}^4}{1,91 \times 10^{-2} \text{kg} / \text{cm} \times (80 \text{cm})^4}} = 4,61 \text{Hz}$$

Com tudo temos:

Tabela 10: Grandezas do cálculo dos esforços térmicos devidos ao curto-circuito

CONDIÇÃO DE RESSONÂNCIA		
Grandeza	Símbolo	Valor/descrição
Frequência de ressonância	$f_o$	4,61Hz
Limite de elasticidade	$E$	650000kgf / cm <sup>2</sup>
Momento de inércia	$J$	20,444cm <sup>4</sup>
Peso linear	$p$	1,91×10 <sup>-2</sup> kg / cm

Fonte: O Autor, 2025

A frequência de ressonância do tubo não se encontra próxima da frequência eléctrica da instalação (50Hz) nem do seu dobro, isto é, está fora do intervalo e como tal está excluído o perigo de o barramento oscilar entrando em ressonância.

Isto conclui o dimensionamento do barramento; o tubo escolhido 50x38mm em alumínio é adequado à instalação.

#### 4.3.7 Ajuste do relé

##### ➤ Impedância do primeiro troço da linha (Matola 275 – LIMAK)

Tendo em conta que a distância entre a Subestação Matola 275 e a Subestação LIMAK é de  $l = 2,71\text{km}$ , a impedância primária será:

$$Z_{p1} = (R + jX) = (0,0918 + j0,2220)\Omega / \text{km}$$

$$Z_{p1} = (0,0918 + j0,2220) \times 2,71 = 0,2488 + j0,6016$$

$$|Z_{p1}| = \sqrt{0,2488^2 + 0,6016^2} = 0,6510\Omega$$

A impedância secundária será:

$$|Z_{s1}| = |Z_{p1}| \times \frac{RTC}{RTP} = 0,6510 \times \frac{1500 / 1}{(66000 / \sqrt{3}) / (110 / \sqrt{3})} = 0,3255\Omega$$

##### ➤ Impedância do segundo troço da linha (LIMAK– Matola Rio)

$$l = 6,56\text{km}$$

A impedância primária será:  $Z_{p2} = (0,0918 + j0,2220)\Omega / \text{km}$

$$Z_{p2} = (0,0918 + j0,2220) \times 6,56 = 0,6104 + j1,4763$$

$$|Z_{p2}| = \sqrt{0,6104^2 + 1,4763^2} = 1,5975\Omega$$

A impedância secundária será:

$$|Z_{s2}| = |Z_{p2}| \times \frac{RTC}{RTP} = 1,5975 \times \frac{1500 / 1}{(66000 / \sqrt{3}) / (110 / \sqrt{3})} = 0,7987\Omega$$

##### ➤ Impedância do terceiro troço da linha (Matola Rio – Boane)

$$l = 12,63\text{km}$$

A impedância primária será:  $Z_{p3} = (0,0918 + j0,2220)\Omega / \text{km}$

$$Z_{p3} = (0,0918 + j0,2220) \times 12,63 = 1,1594 + j2,8038$$

$$|Z_{p3}| = \sqrt{1,1594^2 + 2,8038^2} = 3,0340\Omega$$

A impedância secundária será:

$$|Z_{s3}| = |Z_{p3}| \times \frac{RTC}{RTP} = 3,0340 \times \frac{1500/1}{(66000/\sqrt{3}) / (110/\sqrt{3})} = 1,5170\Omega$$

### a) Ajuste do relé R1

A impedância vista pelo relé:

$$Z_r = k \times |Z_s| \quad (12)$$

✓ **Primeira zona (Z1):** 80% da linha

$$Z_{r1} = 0,8 \times Z_{s1} \quad (13)$$

$$Z_{r1} = 0,8 \times 0,3255 = 0,2604\Omega$$

O tempo de actuação da primeira zona deverá ser instantânea, assim  $T = 0s$ .

✓ **Segunda zona Z2:** 100% da linha+50% da linha seguinte

$$Z_{r2} = Z_{s1} + 0,5 \times Z_{s2} = 0,3255 + 0,5 \times 0,2604 = 0,4557\Omega$$

O tempo de actuação da segunda zona é ajusta de forma a ter coordenação no sistema, considerando m atraso de 0,4s. O ajuste da segunda zona é:

$$T_2 = T_1 + 0,4s = 0,4s$$

### b) Ajuste do relé R2

A impedância vista pelo relé:  $Z_r = k \times |Z_s|$

✓ **Primeira zona Z1:** 80% da linha

$$Z_{r1} = 0,8 \times Z_{s1} = 0,8 \times 0,3255 = 0,2604\Omega$$

O tempo de actuação da primeira zona deverá ser instantânea, assim  $T = 0s$ .

✓ **Segunda zona  $Z_2$ :** 100% da linha

$$Z_{r2} = Z_{S1} = 0,3255\Omega$$

O tempo de actuação da segunda zona:  $T_2 = T_1 + 0,4s = 0,4s$

### c) Ajuste do relé R3

A impedância vista pelo relé:  $Z_r = k \times |Z_s|$

✓ **Primeira zona Z1:** 80% da linha

$$Z_{r1} = 0,8 \times Z_{S2} = 0,8 \times 7987 = 0,6389\Omega$$

O tempo de actuação da primeira zona deverá ser instantânea, assim  $T = 0s$ .

✓ **Segunda zona Z2:** 100% da linha+50% da linha seguinte

$$Z_{r2} = Z_{S2} + 0,5Z_{S3} = 0,6389 + 0,5 \times 1.5170 = 1,3974\Omega$$

O tempo de actuação da segunda zona:  $T_2 = T_1 + 0,4s = 0,4s$

### d) Ajuste do relé R4

A impedância vista pelo relé:  $Z_r = k \times |Z_s|$

✓ **Primeira zona Z1:** 80% da linha

$$Z_{r1} = 0,8 \times Z_{S2} = 0,8 \times 0,7987 = 0,6389\Omega$$

O tempo de actuação da primeira zona deverá ser instantânea, assim  $T = 0s$ .

✓ **Segunda zona Z2:** 100% da linha+50% da linha seguinte

$$Z_{r2} = Z_{S2} + 0,5 \times Z_{S1} = 0,7987 + 0,5 \times 0,3255 = 0,9614\Omega$$

O tempo de actuação da segunda zona:  $T_2 = T_1 + 0,4s = 0,4s$

### e) Ajuste do relé R5

A impedância vista pelo relé:  $Z_r = k \times |Z_s|$

✓ **Primeira zona Z1:** 80% da linha

$$Z_{r1} = 0,8 \times Z_{S3} = 0,8 \times 1,5170 = 1,2136\Omega$$

O tempo de actuação da primeira zona deverá ser instantânea, assim  $T = 0s$ .

- ✓ **Segunda zona  $Z_2$ : 100% da linha**

$$Z_{r2} = Z_{S3} = 1,5170\Omega$$

O tempo de actuação da segunda zona:  $T_2 = T_1 + 0,4s = 0,4s$

#### f) Ajuste do relé R6

A impedância vista pelo relé:  $Z_r = k \times |Z_S|$

- ✓ **Primeira zona Z1: 80% da linha**

$$Z_{r1} = 0,8 \times Z_{S3} = 0,8 \times 1,5170 = 1,2136\Omega$$

O tempo de actuação da primeira zona deverá ser instantânea, assim  $T = 0s$ .

- ✓ **Segunda zona Z2: 100% da linha+50% da linha seguinte**

$$Z_{r2} = Z_{S3} + 0,5 \times Z_{S2} = 1,5170 + 0,5 \times 0,7987 = 1,9163\Omega$$

O tempo de actuação da segunda zona:  $T_2 = T_1 + 0,4s = 0,4s$

**Observação:** A zona 1 representa a protecção principal e a zona 2 corresponde à protecção de retaguarda. Cada zona principal cobre uma secção da linha, na qual o relé de distância responde às faltas com base na sua posição ao longo da linha. Havendo falhas na actuação da protecção principal, a protecção de retaguarda deverá actuar para garantir a selectividade do sistema. Para assegurar essa protecção selectiva, os tempos de actuação dos relés são ajustados de modo que o relé mais próximo da falta opere mais rapidamente do que o relé mais afastado.

## 5 CAPÍTULO V: ESTIMATIVA DE CUSTO

Neste capítulo apresenta-se a estimativa de custos do projecto. Assim, a tabela que se segue expõe o custo de aquisição dos equipamentos indispensáveis à implementação da solução proposta.

Tabela 11: Custo de aquisição do material

<b>Descrição</b>	<b>Qtd.</b>	<b>Preço unitário (MT)</b>	<b>Preço líquido (MT)</b>
Para-raios PEXLIM R 60-YH072	12	119.333,38	1.432.000,52
Transformador de tensão UTD-72, da Arteche.	12	531.916,66	6.382.999,92
Transformador de intensidade IOSK, da Siemens	12	510.640,00	6.127.680,00
Seccionadores da Siemens	12	443.618,50	4.436.185,00
Disjuntor de potência da Merun Gerin	4	1.404.260,00	5.617,040,00
Barramentos	2	163800,00	327.600,00
Relé de distância	4	854.619,87	3.418.479,48
Construção civil	2	520.000,00	1.040.000,00
		<b>Total:</b>	<b>28.781.985,00</b>

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025

## **6 CAPÍTULO V: CONSIDERAÇÕES FINAIS**

### **6.1 Conclusão**

O presente projecto teve como objectivo principal o dimensionamento dos equipamentos de protecção e de corte exterior para os pontos de derivação em T da linha de transmissão DL14 de 66 kV, que alimenta as subestações LIMAK e Matola Rio. Partindo da análise da configuração actual da linha, identificaram-se limitações operacionais que comprometem a flexibilidade, a confiabilidade e a continuidade do fornecimento de energia eléctrica, especialmente durante actividades de manutenção nas subestações Matola 275 e Boane.

Ao longo do desenvolvimento do projecto, foram apresentados o diagrama unifilar da solução proposta, o dimensionamento dos equipamentos constituintes dos painéis de corte, o cálculo das protecções apropriadas para cada vão da linha, o recálculo dos parâmetros eléctricos após a adopção da configuração de entrada e saída, bem como o layout da instalação e a estimativa dos custos associados. Estes elementos permitiram demonstrar que a implementação da configuração de entrada e saída nos pontos de derivação constitui uma solução tecnicamente viável, segura e alinhada com as normas e boas práticas aplicáveis ao sistema eléctrico de transmissão.

Os resultados confirmam que a correcta selecção dos equipamentos, a coordenação da protecção, o dimensionamento adequado das correntes e a definição das condições de isolamento asseguram um funcionamento mais robusto e fiável da linha DL14. Esta reconfiguração permitirá isolar vãos específicos sem necessidade de interromper toda a linha, reduzindo assim o impacto de falhas e de intervenções de manutenção sobre o fornecimento de energia às instalações atendidas.

Deste modo, conclui-se que os objectivos estabelecidos tanto o objectivo geral como os específicos foram plenamente alcançados. A solução apresentada contribui para a melhoria da operação, da segurança e da eficiência do sistema de transmissão, podendo ser aplicada de forma efectiva nos pontos de derivação das subestações LIMAK e Matola Rio.

## 6.2 Recomendações

Com base nos resultados obtidos e na análise desenvolvida ao longo do projecto, apresentam-se as seguintes recomendações:

- Implementação faseada da solução proposta, garantindo que os trabalhos de instalação dos painéis de entrada e saída sejam realizados com interrupções mínimas no fornecimento de energia.
- Reforço periódico da manutenção preventiva nos isoladores dos vãos críticos da linha DL14, especialmente nos trechos que atravessam zonas industriais, de forma a reduzir o risco de falhas por contaminação e acumulação de poeiras.
- Avaliação da necessidade de instalação de cabos de guarda nos segmentos da linha que hoje se encontram desprotegidos, diminuindo a incidência de falhas causadas por sobretensões atmosféricas.
- Actualização contínua dos parâmetros de protecção, ajustando as curvas de actuação dos relés de acordo com o comportamento real da linha após a implementação da nova configuração.
- Monitorização contínua da performance da rede, com a finalidade de avaliar a melhoria da fiabilidade e identificar eventuais ajustes necessários no futuro.

### 6.3 Bibliografia

- [1] *International Electrotechnical Commission. (2017). Instrument transformers – Part 100: Guidance for application of current transformers in power system protection (IEC TR 61869-100:2017). IEC.*
- [2] *International Electrotechnical Commission. (2025). Instrument transformers – Part 20: Safety requirements of instrument transformers for high voltage applications (IEC 61869-20:2025). IEC.*
- [3] *International Electrotechnical Commission. (2020). High-voltage switchgear and controlgear – Part 100: High-voltage alternating-current circuit-breakers (IEC 62271-100:2020). IEC.*
- [4] *Institute of Electrical and Electronics Engineers. (2008). IEEE Standard for Electrical Power System Device Function Numbers, Acronyms, and Contact Designations (IEEE Std C37.2-2008). New York, NY: IEEE.*
- [5] República de Moçambique. (2011, 21 de Dezembro). Boletim da República: Publicação Oficial da República de Moçambique, Série — Número 51. Maputo: Imprensa Nacional.
- [6] ZANETTA, L. C. Fundamentos de Sistemas Elétricos de Potência. 1. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2006. Citado 2 vezes nas páginas 14 e 16.
- [7] MATEUS. Proteção de Sistemas Elétricos. 2016. Universidade Federal do Paraná. Disponível em: Acesso em: 27 abr. 2020. Citado na página 16.
- [8] FILHO, João Mamede. Manual de equipamentos elétricos. 4ª ed. LTC. Rio de Janeiro. 2013.
- [9] FILHO, Mamede João; MAMEDE, Daniel Ribeiro. Proteção de Sistemas Elétricos de Potência. LTC. Rio de Janeiro. 2013.
- [10] FARIA, Hélder J. D. Cálculo de Barramentos em Subestações. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2009.
- [11] ABB. Switchgear Manual. 10ª ed. Berlim. 2001.
- [12] ABB. Para-raios de alta tensão. 5ª ed. 2004.

**[13]** PRAZERES, Romildo Alves dos. Subestações. Curitiba: Base Editorial / IBEP, 2010.

**[14]** RODRIGUES, Daniela Soares Fernandes. Análise da aplicação de equipamentos híbridos de proteção e seccionamento em subestações elétricas. UFMG. 2015

**[15]** FRAZÃO, R. J. A. (2019). Proteção do sistema elétrico de potência. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A.

**[16]** SILVA, E. M. da, & Magri, L. P. (ano). Aplicação e funcionamento do relé de distância ANSI 21 em linhas de transmissão. Centro Universitário Academia – UniAcademia.

# Anexos

## ANEXO 1: ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO PARA-RAIOS

Tabela A1-1: Especificações técnicas do para-raios

PEXLIM R

Pára-raios encapsulado em silicone

### Pára-raios de óxido de zinco PEXLIM R

Proteção de comutadores, transformadores e outros equipamentos em sistemas de alta tensão contra sobretensões atmosféricas e de comutação. Para aplicações com requisitos moderados de intensidade de descarga atmosférica, capacidade de energia elétrica e poluição.

Excelentes para aplicações com exigências de baixo peso, espaço reduzido, montagem flexível, robustez e maior segurança para o pessoal.

Componente importante do conceito PEXLINK™ para a proteção de linhas de transmissão.



#### Sumário de dados de desempenho

Tensões de sistema ( $U_m$ )	24 - 170 kV
Tensões nominais ( $U_n$ )	18 - 144 kV
Corrente de descarga nominal (IEC)	10 kA <sub>pico</sub>
Corrente de classificação (ANSI/IEEE)	10 kA <sub>pico</sub>
Capacidade de resistência à corrente de descarga:	
Corrente alta por 4/10 $\mu$ s	100 kA <sub>pico</sub>
Corrente baixa por 2.000 $\mu$ s	550 A <sub>pico</sub>
Capacidade de energia:	
Classe de descarga de linha (IEC)	Classe 2
[2 impulsos, (IEC Cl. 8.5.5)]	5,1 kJ/kV ( $U_n$ )
Cumpra/supera os requisitos do teste de descarga de linha de transmissão ANSI para sistemas de 170 kV.	
Capacidade de curto-circuito /alívio de pressão	50 kA <sub>sim</sub>
Isolamento externo	Cumpra/supera padrões
Resistência mecânica:	
Carregamento de serviço estático permissível declarado (DPSSL)	1.000 Nm
Carregamento de serviço dinâmico máximo permissível (MPDSL)	1.600 Nm
Condições de serviço:	
Temperatura ambiente	-50 °C a +45 °C
Altitude de projeto (Altitudes maiores sob solicitação)	máx. de 1.000 m
Freqüência	15 - 62 Hz

Fonte: ABB, 2004

## ANEXO 1: ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO PARA-RAIOS

Tabela A1-2: Dados garantidos de protecção

Tensão máxima de sistema $U_m$ kV <sub>rms</sub>	Tensão nominal $U_r$ kV <sub>rms</sub>	Tensão de operação contínua máxima 1)		Capacidade TOV 2)		Tensão residual máxima com onda de corrente						
		$U_c$ kV <sub>rms</sub>	MCOV kV <sub>rms</sub>	1 s kV <sub>rms</sub>	10 s kV <sub>rms</sub>	0,5 kA kV <sub>pico</sub>	1 kA kV <sub>pico</sub>	2 kA kV <sub>pico</sub>	5 kA kV <sub>pico</sub>	10 kA kV <sub>pico</sub>	20 kA kV <sub>pico</sub>	40 kA kV <sub>pico</sub>
<b>24<sup>3)</sup></b>	18	14,4	15,3	20,7	19,8	37,1	38,5	40,3	44,0	46,7	52,3	59,7
	21	16,8	17,0	24,1	23,1	43,2	44,9	47,0	51,3	54,4	61,0	69,7
	24	19,2	19,5	27,6	26,4	49,4	51,3	53,8	58,7	62,2	69,7	79,6
	27	21,6	22,0	31,0	29,7	55,6	57,7	60,5	66,0	70,0	78,4	89,6
<b>36<sup>3)</sup></b>	30	24,0	24,4	34,5	33,0	61,7	64,2	67,2	73,3	77,7	87,1	100
	33	26,4	26,7	37,9	36,3	67,9	70,6	73,9	80,6	85,5	95,8	110
	36	28,8	29,0	41,4	39,6	74,1	77,0	80,6	88,0	93,3	105	120
	39	31,2	31,5	44,8	42,9	80,3	83,4	87,3	95,3	102	114	130
	42	34	34,0	48,3	46,2	86,4	89,8	94,0	103	109	122	140
	48	38	39,0	55,2	52,8	98,8	103	108	118	125	140	160
<b>52</b>	42	34	34,0	48,3	46,2	86,4	89,8	94,0	103	109	122	140
	48	38	39,0	55,2	52,8	98,8	103	108	118	125	140	160
	51	41	41,3	58,6	56,1	105	109	115	125	133	148	170
	54	43	42,0	62,1	59,4	112	116	121	132	140	157	180
	60	48	48,0	69,0	66,0	124	129	135	147	156	175	199
	66	53	53,4	75,9	72,6	136	142	148	162	171	192	219
<b>72</b>	54	43	42,0	62,1	59,4	112	116	121	132	140	157	180
	60	48	48,0	69,0	66,0	124	129	135	147	156	175	199
	66	53	53,4	75,9	72,6	136	142	148	162	171	192	219
	72	58	58,0	82,8	79,2	149	154	162	176	187	209	239
	75	60	60,7	86,2	82,5	155	161	168	184	195	218	249
	84	67	68,0	96,6	92,4	173	180	188	206	218	244	279
	90	72	72,0	103	99,0	186	193	202	220	234	262	299
	96	77	77,0	110	105	198	206	215	235	249	279	319
<b>100</b>	75	60	60,7	86,2	82,5	155	161	168	184	195	218	249
	84	67	68,0	96,6	92,4	173	180	188	206	218	244	279
	90	72	72,0	103	99,0	186	193	202	220	234	262	299
	96	77	77,0	110	105	198	206	215	235	249	279	319
<b>123</b>	90	72	72,0	103	99,0	186	193	202	220	234	262	299
	96	77	77,0	110	105	198	206	215	235	249	279	319
	102	78	82,6	117	112	210	218	229	250	265	296	339
	108	78	84,0	124	118	223	231	242	264	280	314	359
	120	78	98,0	138	132	247	257	269	294	311	349	398
	132	78	106	151	145	272	283	296	323	342	383	438
	138	78	111	158	151	284	295	309	338	358	401	458
	144	78	115	165	158	297	308	323	352	373	418	478
<b>145</b>	108	86	86,0	124	118	223	231	242	264	280	314	359
	120	92	98,0	138	132	247	257	269	294	311	349	398
	132	92	106	151	145	272	283	296	323	342	383	438
	138	92	111	158	151	284	295	309	338	358	401	458
	144	92	115	165	158	297	308	323	352	373	418	478
<b>170</b>	132	106	106	151	145	272	283	296	323	342	383	438
	138	108	111	158	151	284	295	309	338	358	401	458
	144	108	115	165	158	297	308	323	352	373	418	478

Fonte: ABB, 2004

## ANEXO 1: ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO PARA-RAIOS

Tabela A1-3: Características técnicas dos encapsulamentos

Tensão máxima de sistema	Tensão nominal	Encapsulamento	Distância de fuga	Isolamento externo				Dimensões				
				1,2/50 $\mu$ s seco	50 Hz úmido (60s)	60 Hz úmido (10s)	250/2.500 $\mu$ s úmido	Massa	A <sub>máx</sub>	B	C	Fig.
U <sub>m</sub> kV <sub>rms</sub>	U <sub>r</sub> kV <sub>rms</sub>		mm	kV <sub>pico</sub>	kV <sub>rms</sub>	kV <sub>rms</sub>	kV <sub>pico</sub>	kg				
24	18-27	YV024	1863	310	150	150	250	13	641	-	-	1
36	30-48	YV036	1863	310	150	150	250	14	641	-	-	1
52	42-60	YV052	1863	310	150	150	250	14	641	-	-	1
	66	YV052	2270	370	180	180	300	16	727	-	-	1
72	54-60	YH072	1863	310	150	150	250	14	641	-	-	1
	54-72	YV072	2270	370	180	180	300	16	727	-	-	1
	75-96	YV072	3726	620	300	300	500	24	1216	-	-	2
100	75-96	YV100	3726	620	300	300	500	24	1216	-	-	2
123	90	YH123	3726	620	300	300	500	26	1236	400	150	3
	96-120	YH123	3726	620	300	300	500	25	1236	-	-	2
	90-96	YV123	4133	680	330	330	550	28	1322	400	150	3
	102-132	YV123	4133	680	330	330	550	27	1302	-	-	2
	138-144	YV123	4540	740	360	360	600	29	1388	-	-	2
145	108	YH145	3726	620	300	300	500	27	1236	400	150	3
	120	YH145	3726	620	300	300	500	25	1216	-	-	2
	108	YV145	4540	740	360	360	600	30	1408	400	150	3
	120-144	YV145	4540	740	360	360	600	29	1388	-	-	2
170	132-144	YH170	4540	740	360	360	600	31	1408	400	150	3

Fonte: ABB, 2004

## ANEXO 2: ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO TRANSFORMADOR DE TENSÃO

Figura A2-1: Especificações técnicas do transformador de tensão



### 2. TRANSFORMADORES DE TENSÃO INDUTIVOS > Isolamento em óleo-papel e gás

## GAMA

Os transformadores de tensão indutivos da ARTECHE são designados pelas letras (UT para óleo-papel ou UG para gás), seguidas por uma letra adicional (apenas para óleo-papel) e por 2 ou 3 números que indicam a tensão máxima da rede para a qual foram concebidos.

A tabela da página seguinte apresenta a gama de ambos os tipos de transformadores actualmente fabricados pela ARTECHE. Estas características são meramente indicativas; a ARTECHE pode fabricar transformadores de tensão indutivos de acordo com qualquer norma nacional ou internacional.

#### Classes de precisão e cargas padrão:

> Segundo as normas IEC:

100 VA Classe 0,2 / 3P

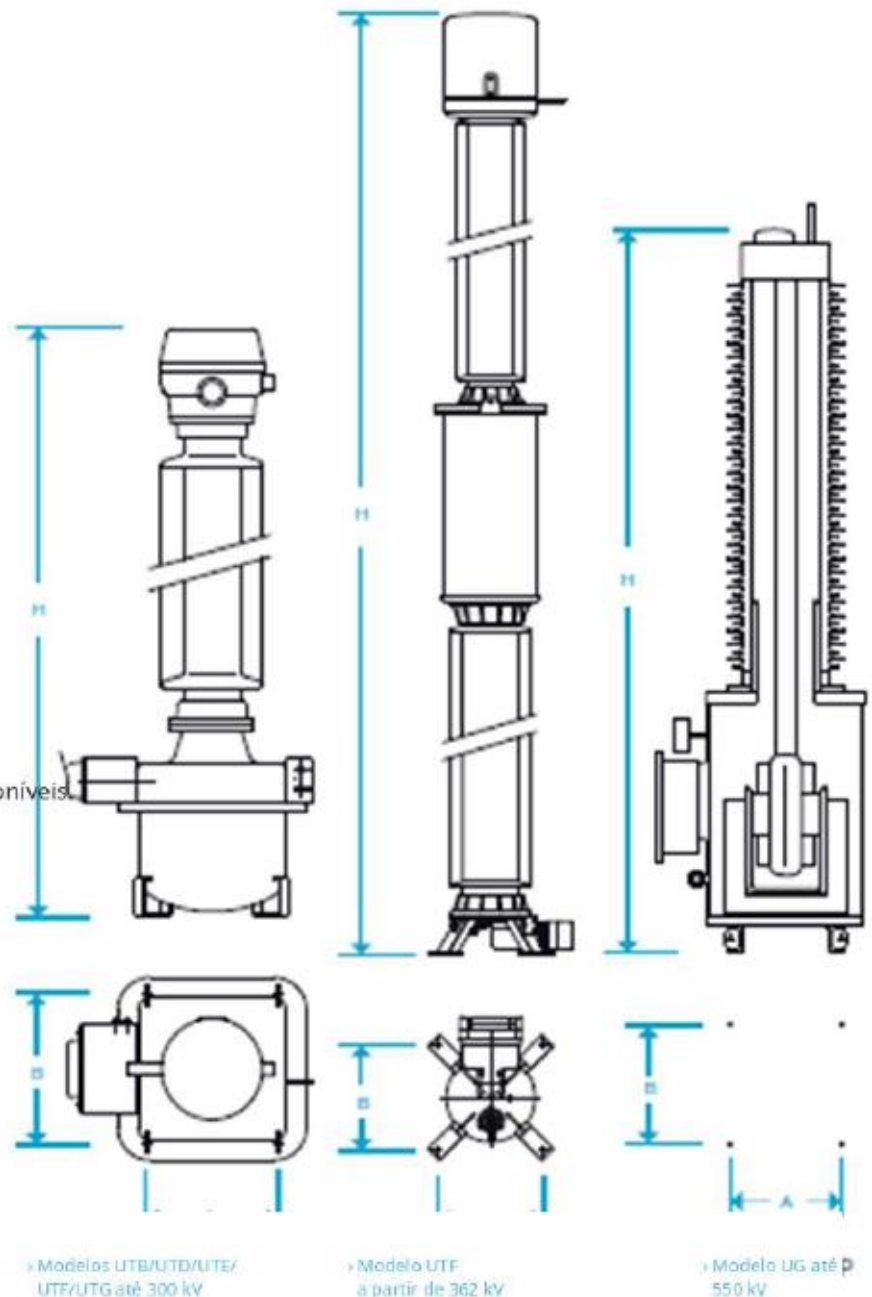
250 VA Classe 0,5 / 3P

> Segundo as normas IEEE:

0.3 WXYZ

Classes de maior precisão e cargas superiores disponíveis.

1.2 WXYZ, ZZ



Fonte: Artech, 2018

## ANEXO 2: ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO TRANSFORMADOR DE TENSÃO

Tabela A2-2: Especificações técnicas do transformador de tensão



### 2. TRANSFORMADORES DE TENSÃO INDUTIVOS > Isolamento óleo-papel e gás

#### Isolamento óleo-papel > Modelo




Modelo	Tensão máxima (kV)	Nível do isolamento nominal			Carga térmica (VA)	Distância de fuga padrão (mm)	Dimensões		Peso (kg)
		Frequência Industrial (kV)	Impulso atmosférico (BIL) (kVp)	Impulso de manobra (kVp)			A x B (mm)	H (mm)	
UTB-52	52	95	250	-	1500	1300	300x300	1335	95
UTD-52	52	95	250	-	2000	1300	330x300	1395	150
UTB-72	72.5	140	325	-	1500	1825	300x300	1335	108
UTD-72	72.5	140	325	-	2000	1825	330x300	1395	150
UTE-72	72.5	140	325	-	2500	1825	400x430	1645	285
UTD-100	100	185	450	-	2000	2500	330x300	1690	165
UTD-123	123	230	550	-	3000	3075	350x475	2120	292
UTE-123	123	230	550	-	3500	3075	350x475	2120	355
UTE-145	145	275	650	-	3500	3625	350x475	2105	335
UTE-170	170	325	750	-	3500	4250	350x475	2235	350
UTF-245	245	460	1050	-	3500	6125	450x590	3210	650
		395	950						
UTG-245	245	460	1050	-	3500	6125	500x640	3260	800
		395	950						
UTG-300	300	460	1050	850	3500	7500	500x640	3660	910
UTF-420	420	630	1425	1050	3500	10500	600x600	5210	1315
		575	1300	950					
UTF-525	550 (525)	680	1550	1175	3500	13125	600x600	6070	1700

Dimensões e pesos aproximados. Para requisitos especiais, consultar.

Fonte: Arteché, 2018

## ANEXO 3: ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO TRANSFORMADOR DE INTENSIDADE

Figura A3-1: Especificações técnicas do transformador de intensidade

Transformadores de corrente para aparelhagem isolada a ar (AIS)											
											
Tipo		SAS			TAG			IOSK			
Gama de tensão	[kV]	72,5 – 800			72,5 – 550			72,5 – 550			
Meio de isolamento		SF <sub>6</sub>			SF <sub>6</sub>			Óleo			
Isolador composto		x			x			x			
Isolador em porcelana		x			x			x			
Dados técnicos											
Nível de tensão	[kV]	72,5	123	145	170	245	300	362	420	550	800
Frequência de tensão suportável à frequência industrial	[kV]	140	230	275	325	460	460	510	630	680	975
Impulso atmosférico suportável	[kV]	325	550	650	750	1.050	1.050	1.175	1.425	1.550	2.100
Impulso de manobra suportável	[kV]	–	–	–	–	–	850	950	1.050	1.175	1.550
Corrente nominal até	[A]	5.000 (6.000 a pedido para unidades isoladas a gás)									
Corrente de saída	[A]	1 – 2 – 5									
Corrente térmica de curta duração nominal	[kA]	63 (100 a pedido)									
Duração nominal do curto-circuito	[s]	1 – 3									
Corrente dinâmica nominal	[kA]	160 (200 a pedido)									
Frequência nominal	[Hz]	16 <sup>2</sup> / <sub>3</sub> – 50 – 60									
Distância de escoamento	[mm/ kV]	25 – 31 (superior a pedido)									
Gama de temperaturas	[°C]	–50 – +40 (outros valores a pedido)									
Classe de isolamento		E (equipamentos isolados a SF <sub>6</sub> ) – A (equipamentos isolados a óleo)									
Classe de precisão de medição		0,1 – 0,2 – 0,2S – 0,5 – 0,5S – 1,0									
Classe de precisão de protecção		5P – 10P – TPY – TPX – TPZ – TPS – PR – PX									

Valores em conformidade com a IEC; outros valores, como ANSI, disponíveis a pedido.

Fonte: Siemens, 2016

### ANEXO 3: ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO TRANSFORMADOR DE INTENSIDADE

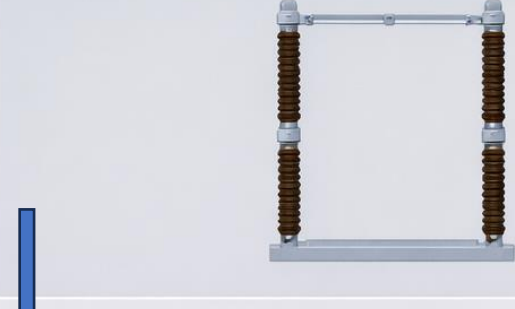
**Tabela A3-2:** Cargas previstas para os transformadores de medida

Transformador de intensidade		Transformador de tensão	
Aparelhos	Consumo (VA)	Aparelhos	Consumo (VA)
Amperímetro	3,5	Voltímetro	7
Wattímetro	2,5	Wattímetro	4,1
Relé	8	Relé	8
Total	14	Total	19,1

Fonte: O Autor, 2025)

## ANEXO 4: ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO SECCIONADOR

Figura A4-1: Especificações técnicas do seccionador

Dados técnicos										
Design										
Tensão nominal		72.5	123	145	170	245	300	362	420	550
Tensão nominal suportável à frequência de potência 50 Hz/1 min										
À terra e entre fases	[kV]	140	230	275	325	460	380	600	600	650
Ao longo da distância isolante	[kV]	160	260	315	375	530	465	870	810	800
Tensão suportável ao impulso de raio 1.2/50 µs										
À terra e entre fases	[kV]	325	550	750	950	1,050	1,050	1,070	1,175	1,550
Ao longo da distância isolante	[kV]	395	630	750	830	1,200	1,250	(1.725)	(1.245)	(1.550)
Tensão suportável ao impulso de 250/2500 µs										
À terra e entre fases	[kV]	-	-	-	-	850	1,050	1,175	1,775	1,550
		-	-	-	-	700 (ε 220)	(0+25) (+150)	(+450) (+270)	(1.225) (+1422)	(1.550) (+1650)
Corrente nominal até	[ A ]	5,000 (6,000 mediante pedido para unidades umadas)								
Corrente suportável de crista	[kA]	1 – 2 – 5								
Corrente térmica de curta duração	[s]	630								
Duração de curto-circuito	[s]	1 – 3								
Tensão de gelo	[°K]	10/20								
Gama de temperatura		-60 – +40 (outros valores mediante pedido)								
Tipo de mecanismo de manobra		25 enos								
Tensão de comando	[V, CC] [V, AC]	60/110/125/220 220...230 / 3~, 50/600 Hz								
Motor voltage	[V, DC] [V, AC]	110/125/220 V.0C 220/380/415 / 3~, 50/60 Hz								
Manutenção		25 anos								
Gama de temperatura		- 60 – +40 (outros valores mediante pedido)								
Tensão de comando	[V, CC] [V, AC]	60/110/125/220 220...230 / 3~, 50/30 Hz, 50/60 Hz								

Fonte: Siemens, 2016

## ANEXO 5: ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO DISJUNTOR DE POTÊNCIA

Figura A5-1: Especificações técnicas do disjuntor de potência

Gama de disjuntores 72,5 a 800 kV										
disjuntor – tipo	PFA1 72,5   100		SB6 72,5		SB6 72,5   145   170   245				MHMe-1P 123   145	
principais características										
unidade de interrupção (por pólo)	72,5	100	72,5	123	145	170	245	245	123	145
<b>tensão nominal</b>										
iEC [kV]	140	90	160	310	160	460	550	680	600	660
IEC $U_{n, \text{extinction}}$ min [kV]	180	315	330	315	330	450	(750)	460	460	460
<b>frequência nominal</b>										
IEC $U_{n, \text{extinction}}$ min [kV]	325	355	350	425	440	450	550	550	600	550
IEC $U_{n, \text{extinction}} + 1$ min [kV]	315	375	500	485	530	–	–	380	560	1050
IEC 1.2/50 $\mu$ s $U_{n, \text{extinction}}$ [kV]	285	290	500	380	550	–	–	–	–	1050
<b>frequência nominal</b>										
IEC $U_{n, \text{extinction}}$ [kV]	325	355	350	550	460	700	850	950	950	–
corrente nominal [A]	50 – 60 <sup>mz</sup>									
<b>capacidade máx. de corte</b>										
[A]	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
corrente máx. suportável de crista [kV]	31,5	31,5	31,5	31,5	31,5	31,5	31,5	31,5	31,5	31,5
corrente máx. suportável current: 3 s [kA]	31,5	31,5	31,5	31,5	91,5	91,5	91,5	91,5	91,5	91,5
rated frequency (Hz) [Hz]	20	2.0	270	270	270	270	270	–	270	270
<b>máximo de curte (mm) / kV</b>										
[kA]	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
ordem/tipo de interrupção [O –	0,35 s – CO	– CO	– CO	– CO	80	80	80	80	80	80
<b>outras características</b>										
operação mecânica	mecânico		Spring type		Spring type		Spring type		SF <sub>6</sub> G' drive	
dimensões: H, W e D [mm]	1980		820		1.100		1.100		1.500	
H, W x D [mm]	1980	820	1.100	1.100	1.180	1.120	1.321	1.320	1.830	1.430

Fonte: MERLIN GERIN, 2014

## ANEXO 6: ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DAS DISTÂNCIAS MÍNIMAS

Tabela A6-1: Distâncias mínimas (instalações interiores)

Tensão Nominal	Tensão máxima de serviço	Tensão de curta duração	Tensão de impulso	d Interior
kV	kV	kV	kV	mm
1	1.1	-	-	-
3	3.6	10	20	60
			40	60
6.6	7.26	20	40	60
			60	90
11	12.1	28	60	90
			75	120
15	16.5	38	75	120
			95	160
22	24.2	50	95	160
			125	220
33	36.3	70	145	270
			170	320
45	52	95	250	480
66	72.6	140	325	630
80	88	-	-	-
88	96.8	-	-	-
100	110	-	-	-
110	123	230	550	900
				1100
132	145.2	230	550	1100
		275	650	1300
150	170	325	750	1500
220	245	360	850	1700

Fonte: Boletim da república, 2011

## ANEXO 7: ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DOS BARRAMENTOS

Tabela A7-1: Condutores de alumínio de secção tubular

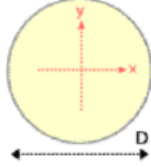
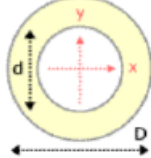
**Tabela 13-9** (continuação)

Diâmetro externo D mm	Espessura de parede mm <sup>2</sup>	Secção kg/m	Peso <sup>1)</sup> Material <sup>2)</sup>	Corrente contínua em A CC e CA até 60 Hz em indoor		Corrente contínua em outdoor	
				pintado	desnudo	pintado	desnudo
<b>32</b>	2	0.509	E-Al F 10	485	539	514	585
	3	0.799	E-Al F 10	591	485	621	535
	4	0.910	E-Al F 10	648	621	718	819
	5	1.453	E-Al F 10	769	708	819	819
<b>40</b>	2	2.229	E-Al F 10	822	888	972	1140
	3	3.316	E-Al F 10	881	888	967	1180
	4	3.166	E-Al F 10	763	968	992	1230
	5	1.453	E-Al F 10	950	1060	1060	1040
<b>50</b>	3	358	E-Al F 10	1 100	1 100	1 100	1 140
	4	358	E-Al F 10	1 100	1 120	1 100	1 230
	5	741	E-Al F 10	1 120	1 150	1 190	1 330
	6	1.700	E-Al F 7	1 270	1 230	1 530	1 570
<b>63</b>	4	741	E-Al F 10	1 070	1 170	1 150	1 160
	5	1.070	E-Al F 10	1 270	1 170	1 190	1 160
	6	1.070	E-Al F 10	1 520	1 190	1 190	1 230
<b>80</b>	4	955	E-Al F 10	1 120	1 230	1 370	1 330
	5	1.910	E-Al F 10	1 170	1 190	1 520	1 530
	6	1.520	E-Al F 10	1 520	1 250	1 790	1 860
<b>100</b>	4	1.950	E-Al F 10	1 230	1 190	1 280	1 240
	5	1.910	E-Al F 10	1 320	1 520	2 290	2 590
	6	2.000	E-Al F 7	1 620	1 590	2 220	2.590
<b>120</b>	6	1.460	E-Al F 7	2.360	2.260	2.360	2.360
	6	3.810	E-Al F 7	3.030	2.300	2.390	2.580
	8	3.710	E-Al F 7	3.420	2 460	3.350	2.580
<b>160</b>	6	1.960	E-Al F 7	3.360	2.390	3.370	3.400
	6	2.810	E-Al F 7	3.370	2.340	3.380	3.340
	7	3.920	E-Al F 7	4:100	3.330	3.380	3.500
	8	5.200	E-Al F 7	5.320	3.370	4.460	4.500
<b>160</b>	6	1.960	E-Al F 7	3.260	3.320	3.330	4 460
	6	2.810	E-Al F 7	3.370	3.390	4.350	4.560
	10	4.710	E-Al F 7	3.320	4 400	4.370	4.500

Fonte: Manual ABB, 2009.

## ANEXO 7: ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DOS BARRAMENTOS

**Tabela A7-2:** Modulo de resistência e momento de inercia

Tipo	Geometria	Módulo de Resistência	Momento de Inércia
Vergalhão		$W = \frac{\pi \times D^3}{32}$	$J = \frac{\pi \times D^4}{64}$
→ Tubo		$W = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{32 \times D}$	$J = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{64}$

Fonte: TISOTT, 2011

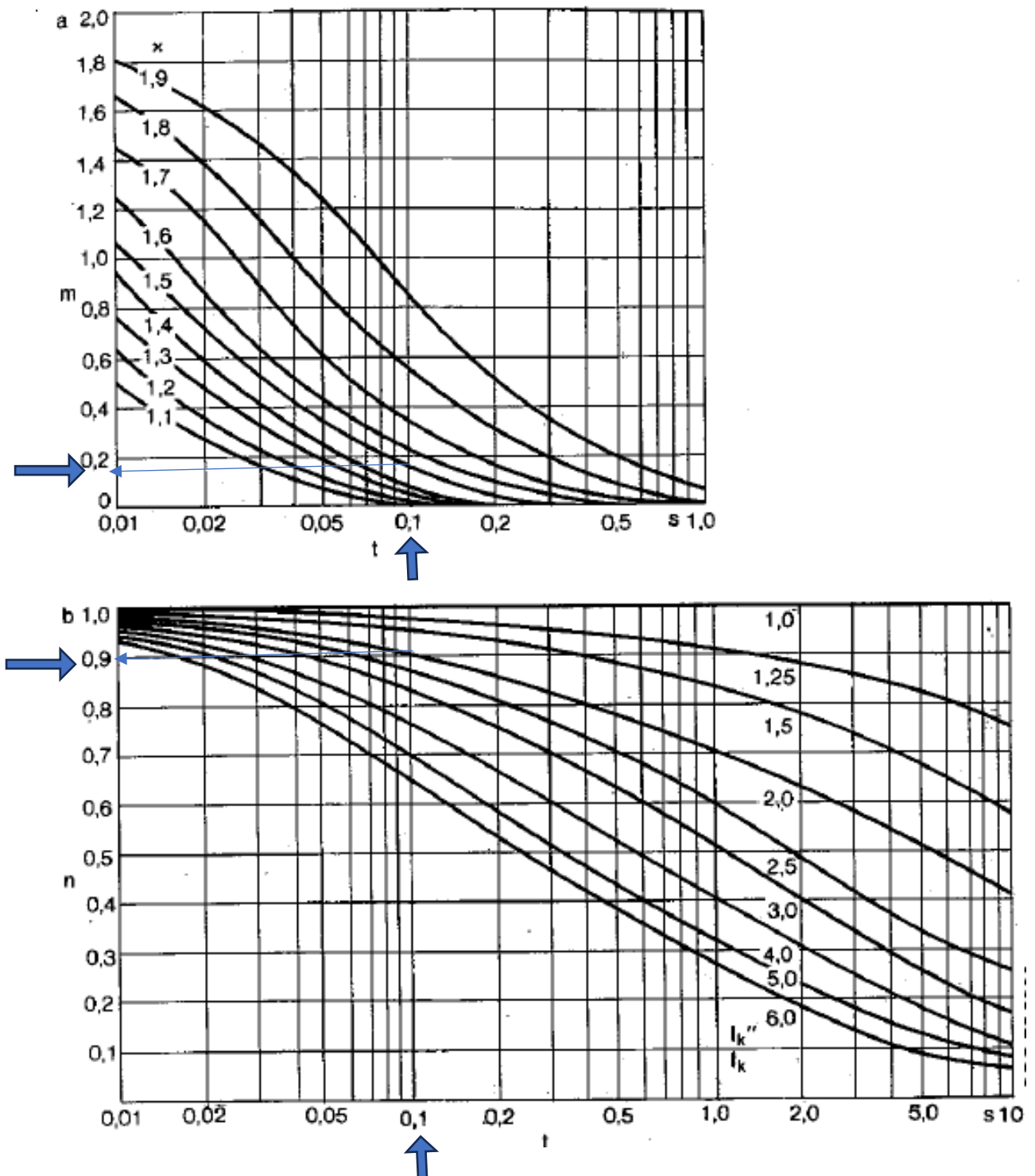
**Tabela A7-3:** factor k em função do material do barramento

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

Fonte: TISOTT, 2011

# ANEXO 7: ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DOS BARRAMENTOS

Graficos A7-1: factor m e n



Fonte: TISOTT, 2011

## ANEXO 8: Configuração da Rede - Região Sul EDM

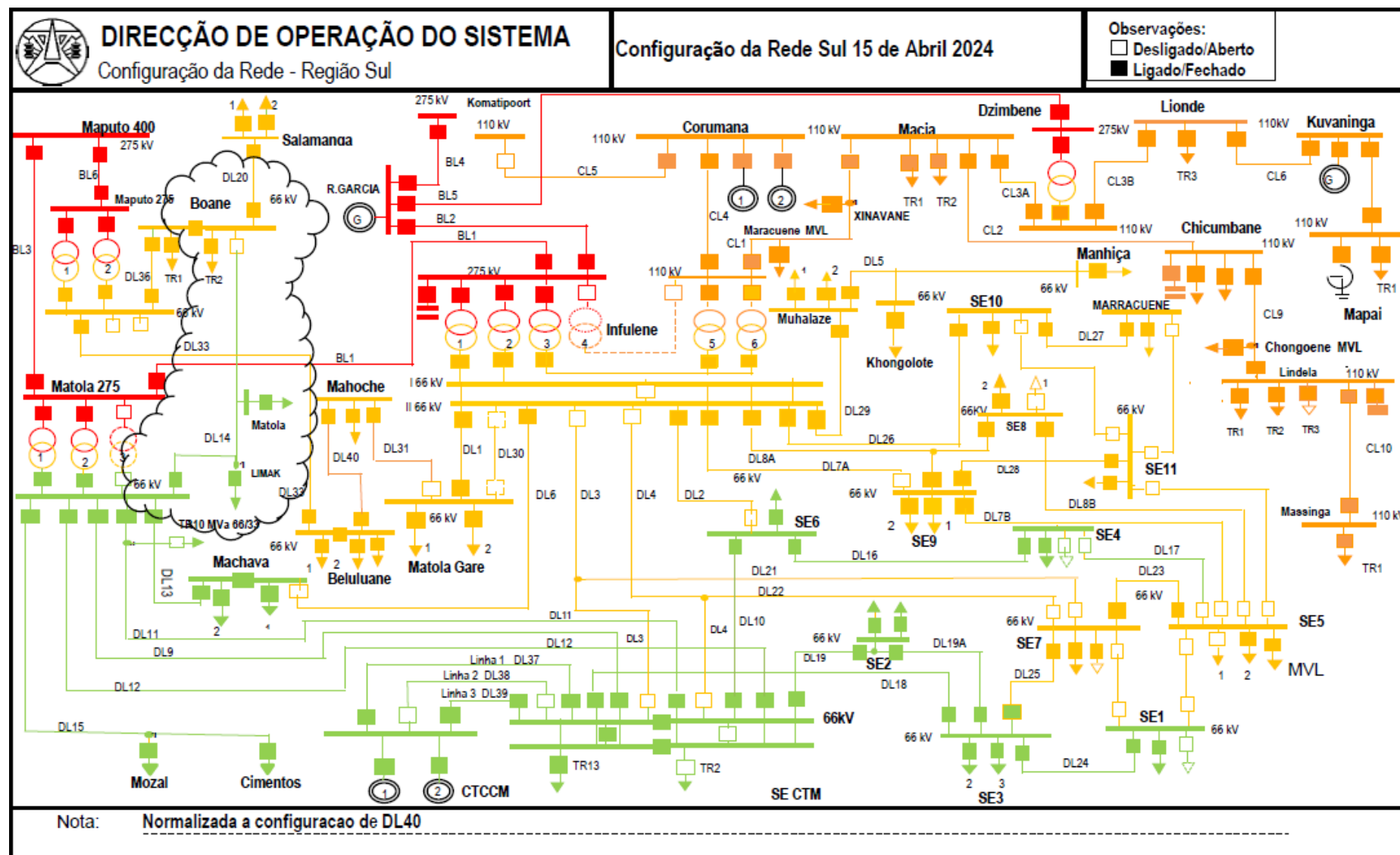


Figura A8-1: Configuração da Rede Sul (fonte: EDM – DTSU)

## ANEXO 9: Actas de encontros

Tabela A9-1: Acta do encontro do dia 05.09.2025



### FACULDADE DE ENGENHARIA

### DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

### ACTA DE ENCONTROS

<b>REFERÊNCIA DO TEMA:</b>	2025ELEPD40	<b>Data:</b>	28/08/2025
----------------------------	-------------	--------------	------------

#### 1. AGENDA:

Apresentação da proposta do tema para o Relatório de Estágio Profissional
---

#### 2. PRESENCAS

Supervisor	Eng.º Manuel Telles
Estudante	Hélio Boa Maurício Camunati.

#### 3. RESUMO DO ENCONTRO

Neste encontro, o estudante apresentou ao supervisor a proposta do tema para o Relatório de Estágio Profissional, tendo o supervisor comentado acerca do mesmo.
---

#### 4. RECOMENDAÇÕES

Reduzir a extensão do tema preservando apenas a informação essencial, evitar o uso de termos em inglês quando existam equivalentes técnicos consolidados em português, e utilizar uma linguagem clara e objectiva de modo a evitar erros de percepção.
--

6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO	09-09-2025
-----------------------------	------------

## ANEXO 9: Actas de encontros

Tabela A9-2: Acta do encontro do dia 09.09.2025



### FACULDADE DE ENGENHARIA

### DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

### ACTA DE ENCONTROS

<b>REFERÊNCIA DO TEMA:</b>	2025ELEPD40	<b>Data:</b>	28/08/2025
----------------------------	-------------	--------------	------------

#### 1. AGENDA:

Proposta do tema e Apresentação do termo de atribuição de tema
--

#### 2. PRESENCAS

Supervisor	Eng.º Manuel Telles
Estudante	Hélio Boa Maurício Camunati.

#### 3. RESUMO DO ENCONTRO

Neste encontro, o estudante primeiramente ao supervisor apresentou o tema e posteriormente o Termo de Atribuição do Tema e o Plano de Actividades previsto para a elaboração do relatório. O supervisor deu o seu parecer sugerindo ao estudante que fizesse algumas alterações no TAT e PA.

#### 4. RECOMENDAÇÕES

Usar uma linguagem clara e objectiva nas abordagens por forma a evitar erros de percepção, pois estes erros podem alterar todo o contexto das Frases.

<b>6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO</b>	17-10-2025
------------------------------------	------------

## ANEXO 9: Actas de encontros

Tabela A9-3: Acta do encontro do dia 17.10.2025



### FACULDADE DE ENGENHARIA

### DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

### ACTA DE ENCONTROS

<b>REFERÊNCIA DO TEMA:</b>	2025ELEPD40	<b>Data:</b>	28/08/2025
----------------------------	-------------	--------------	------------

#### 1. AGENDA:

Apresentação dos Capítulos 1 e 2
----------------------------------

#### 2. PRESENÇAS

Supervisor	Eng.º Manuel Telles
Estudante	Hélio Boa Maurício Camunati

#### 3. RESUMO DO ENCONTRO

Neste encontro o estudante apresentou o capítulo 1 que são as considerações iniciais, ou seja, a introdução, os objectivos, a metodologia a ser usada
No mesmo encontro o estudante apresentou o capítulo 2 ou seja, a revisão da literatura

#### 4. RECOMENDAÇÕES

O supervisor recomendou ao estudante para colocar os objectivos mais directos e a revisão da literatura deve estar alinhada especificamente com o propósito do trabalho
---

<b>6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO</b>	28-10-2025
------------------------------------	------------

## ANEXO 9: Actas de encontros

Tabela A9-4: Acta do encontro do dia 28.10.2025



### FACULDADE DE ENGENHARIA

### DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

### ACTA DE ENCONTROS

<b>REFERÊNCIA DO TEMA:</b>	2025ELEPD40	<b>Data:</b>	28/08/2025
----------------------------	-------------	--------------	------------

#### 1. AGENDA:

Apresentação do Capítulo 3 e 4
--------------------------------

#### 2. PRESENÇAS

Supervisor	Eng.º Manuel Telles
Estudante	Hélio Boa Maurício Camunati

#### 3. RESUMO DO ENCONTRO

Neste encontro o estudante apresentou o capítulo 3 e 4, a parte central do trabalho, o desenvolvimento do projecto.
---

#### 4. RECOMENDAÇÕES

O supervisor recomendou ao estudante a organizar e a ser claro nas discussões dos resultados
--

6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO	14-11-2024
-----------------------------	------------

## ANEXO 9: Actas de encontros

Tabela A9-5: Acta do encontro do dia 14.11.2025



### FACULDADE DE ENGENHARIA

### DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

### ACTA DE ENCONTROS

<b>REFERÊNCIA DO TEMA:</b>	2025ELEPD40	<b>Data:</b>	28/08/2025
----------------------------	-------------	--------------	------------

#### 1. AGENDA:

Apresentação do relatório final
---------------------------------

#### 2. PRESENCAS

Supervisor	Eng.º Manuel Telles
Estudante	Hélio Boa Maurício Camunati

#### 3. RESUMO DO ENCONTRO

Remotamente foi entregue ao supervisor, a proposta final do relatório escrito para possível aprovação.
--

#### 4. RECOMENDAÇÕES

O supervisor recomendou realizar que algumas revisões fossem feitas no trabalho tendo em conta o regulamento académico.
---

6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO	18.11.2025
-----------------------------	------------

## ANEXO 9: Actas de encontros

Tabela A9-6: Acta do encontro do dia 18.11.2025



**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA**  
**ACTA DE ENCONTROS**

<b>REFERÊNCIA DO TEMA:</b>	2025ELEPD40
----------------------------	-------------

<b>Data:</b>	28/08/2025
--------------	------------

### 1. AGENDA:

Apresentação e entrega do relatório final
---

### 2. PRESENÇAS

Supervisor	Eng.º Manuel Telles
Estudante	Hélio Boa Maurício Camunati

### 3. RESUMO DO ENCONTRO

Todas as cópias do relatório de estágio a serem entregues foram verificadas e assinadas para posterior submissão do trabalho.
---

### 4. RECOMENDAÇÕES

--

<b>6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO</b>	N/A
------------------------------------	-----

## ANEXO 10: Relatório de Progresso

Tabela A10-1: Relatório de Progresso



### FACULDADE DE ENGENHARIA

### DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

### Relatório de Progresso

REFERÊNCIA DO TEMA:	2025ELEPD40
---------------------	-------------

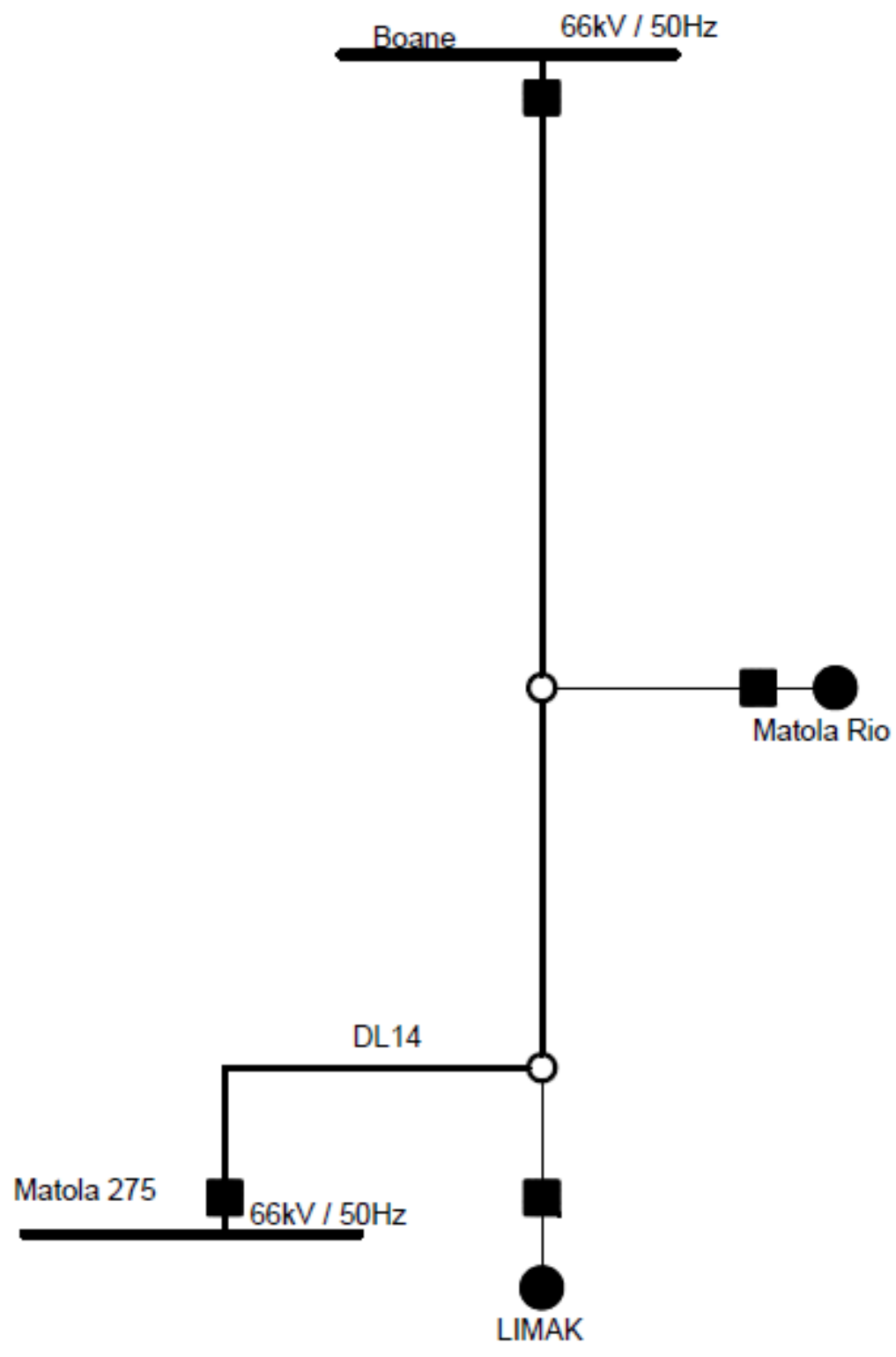
#### 1. ACTIVIDADES PLANIFICADAS

Actividade	Prazo Previsto
1. Escolha e pesquisa do tema	Setembro de 2025
2. Levantamento bibliográfico	Setembro de 2025
3. Escolha de instrumentos de recolha de dados	Setembro de 2025
4. Pesquisa de campo	Setembro de 2025
5. Redação da revisão bibliográfica	Outubro de 2025
6. Desenvolvimento do Projecto	Outubro de 2025
7. Redação da Análise e dos Resultados	Outubro de 2025
8. Redação das conclusões e referências bibliográficas	Outubro de 2025
9. Revisão e redação final	Novembro de 2025
10. Submissão do relatório final	Novembro de 2025

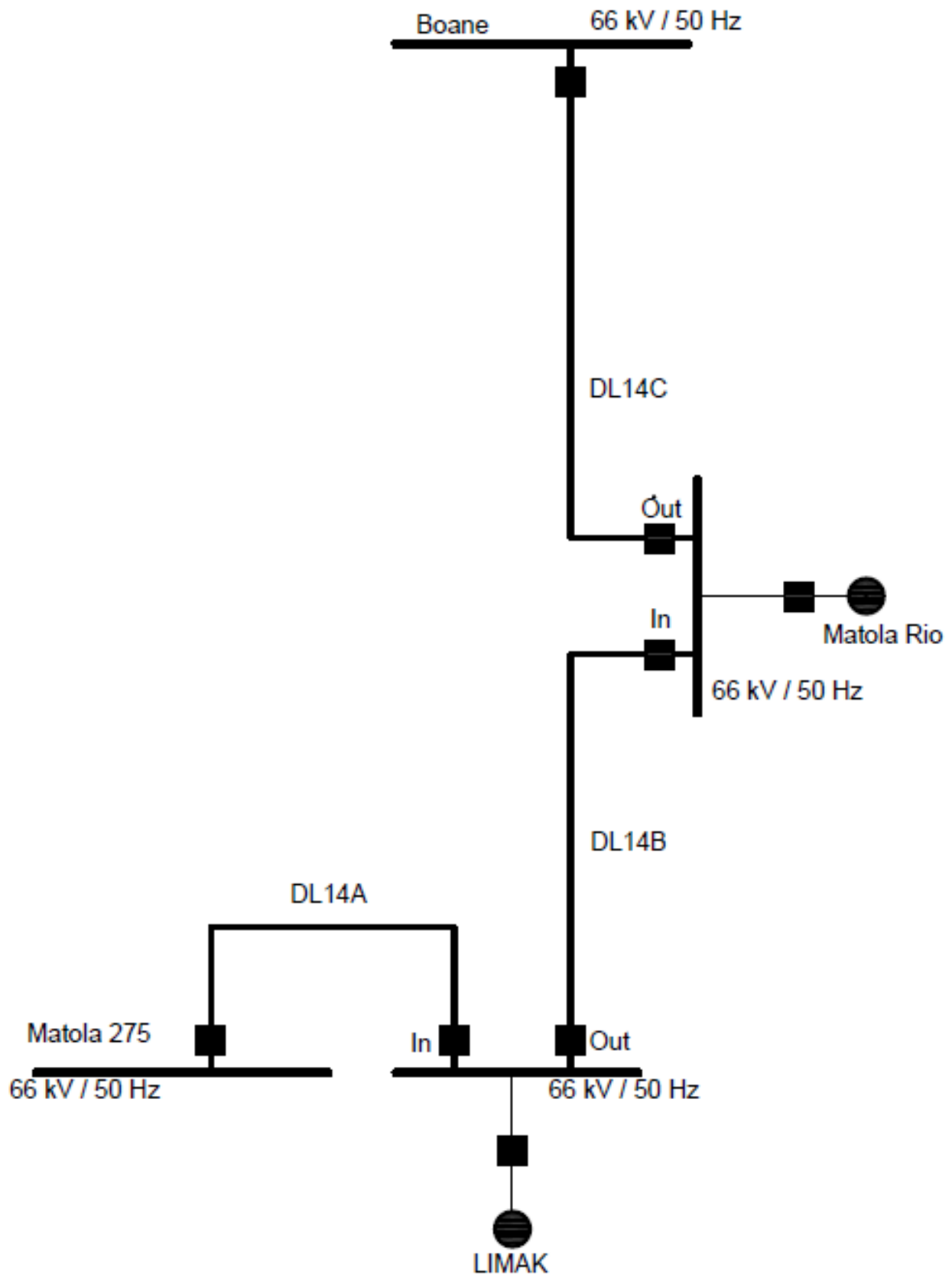
#### 2. CONTROLO DAS ACTIVIDADES

Atv.	Data	Estágio (%)	Observações	Rúbrica
1	05/09/2025	60%	Tema escolhido e pesquisas executadas	
2	09/09/2025	100%	Elaboração e submissão do TAT e plano de atividades	
3	28/10/2025	100%	Conclusão e envio da pesquisa bibliográfica	
4	14/11/2025	100%	Sistema dimensionado	
5	18/11/2025	100%	Submissão das copias do relatório	

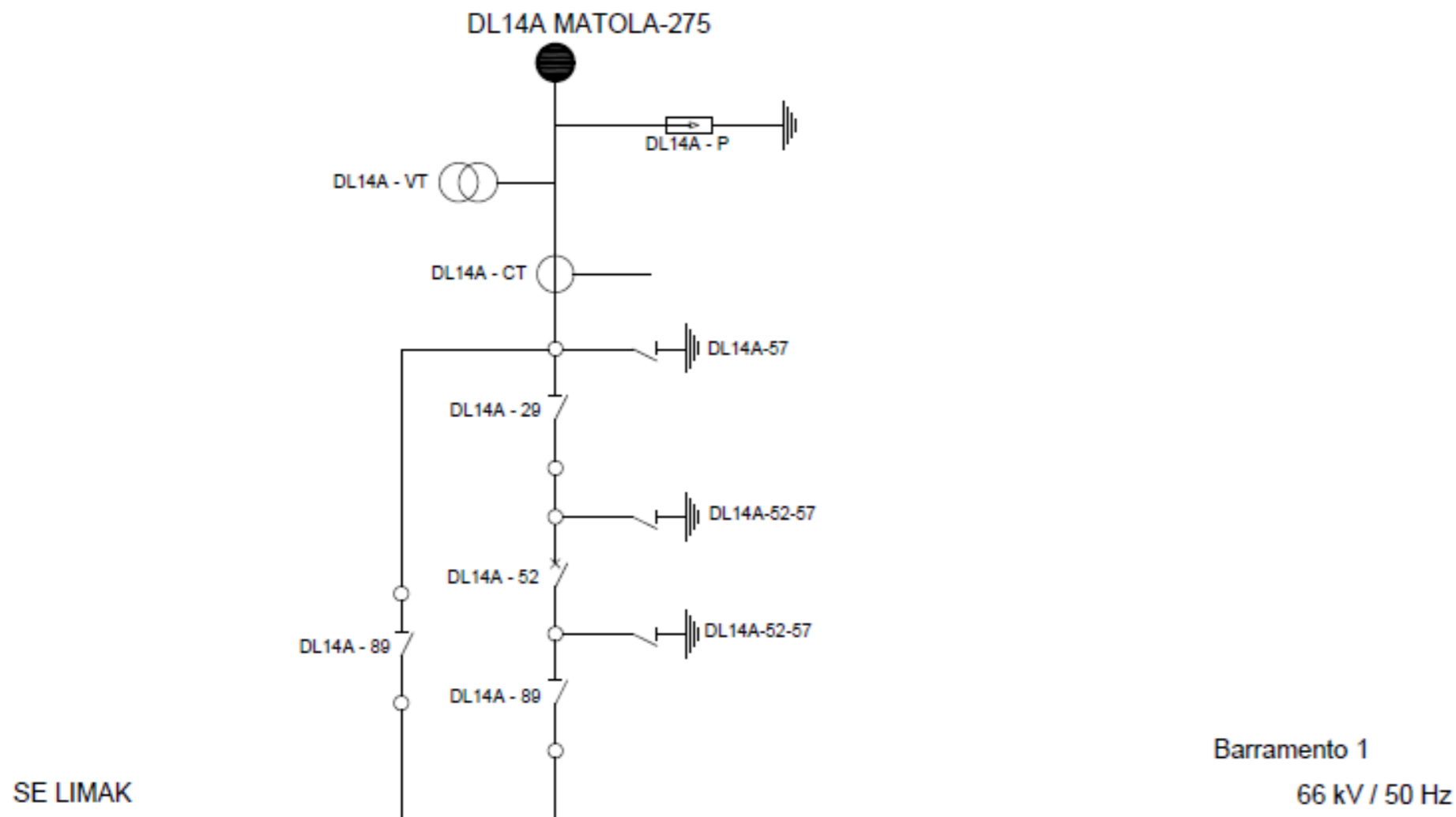
# Apêndices



projecto n.º: ---	elaborou	30/10/05	Camunil, Heloísa	Peças Desenhadas	AP 01 AP1: 1-1
	verificou		Eng.º José Santos		
	validou		Eng. Manuel Teles		
	escala	instalação: -----			
	escala plot	especialidade: Electricidade			
		título: Representação da configuração actual			substituído por:
					<b>ELEC 01</b>

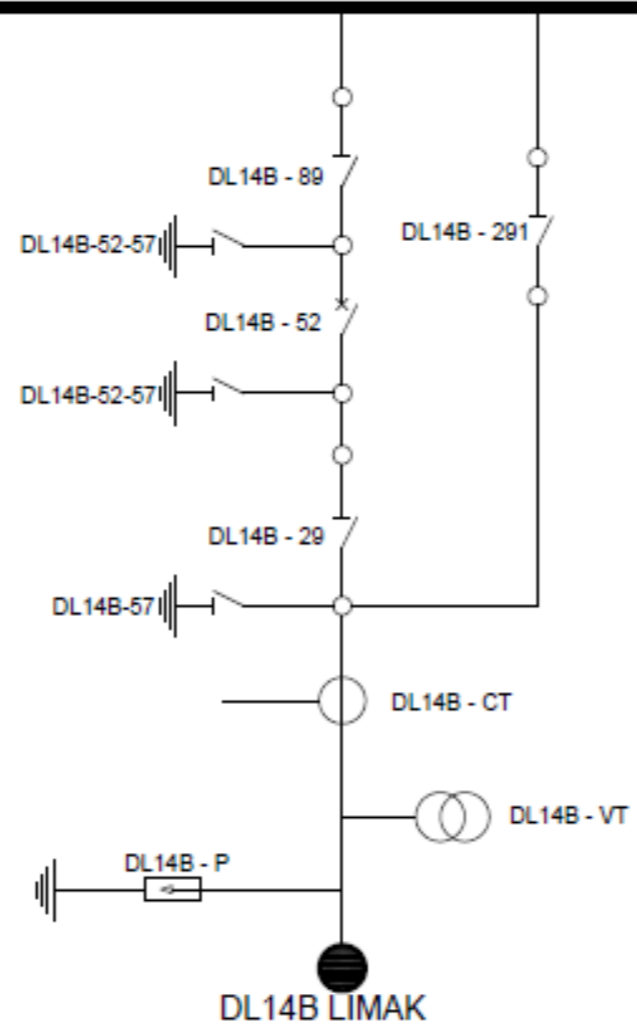


projecto n°: ---	elaborou	SG1025	Camunel, Helder	<b>Peças Desenhadas</b>	AP 02 AP2: 1-1
	verificou		Eng.ª José Santos		
	validou		Eng. Manuel Teles	ELEC <b>01</b>	
	escala	instalação: ---			
	escala plot	especialidade: Electricidade			
		título: <b>Representação da configuração com os painéis de Entrada e Saída</b>			substituído por:

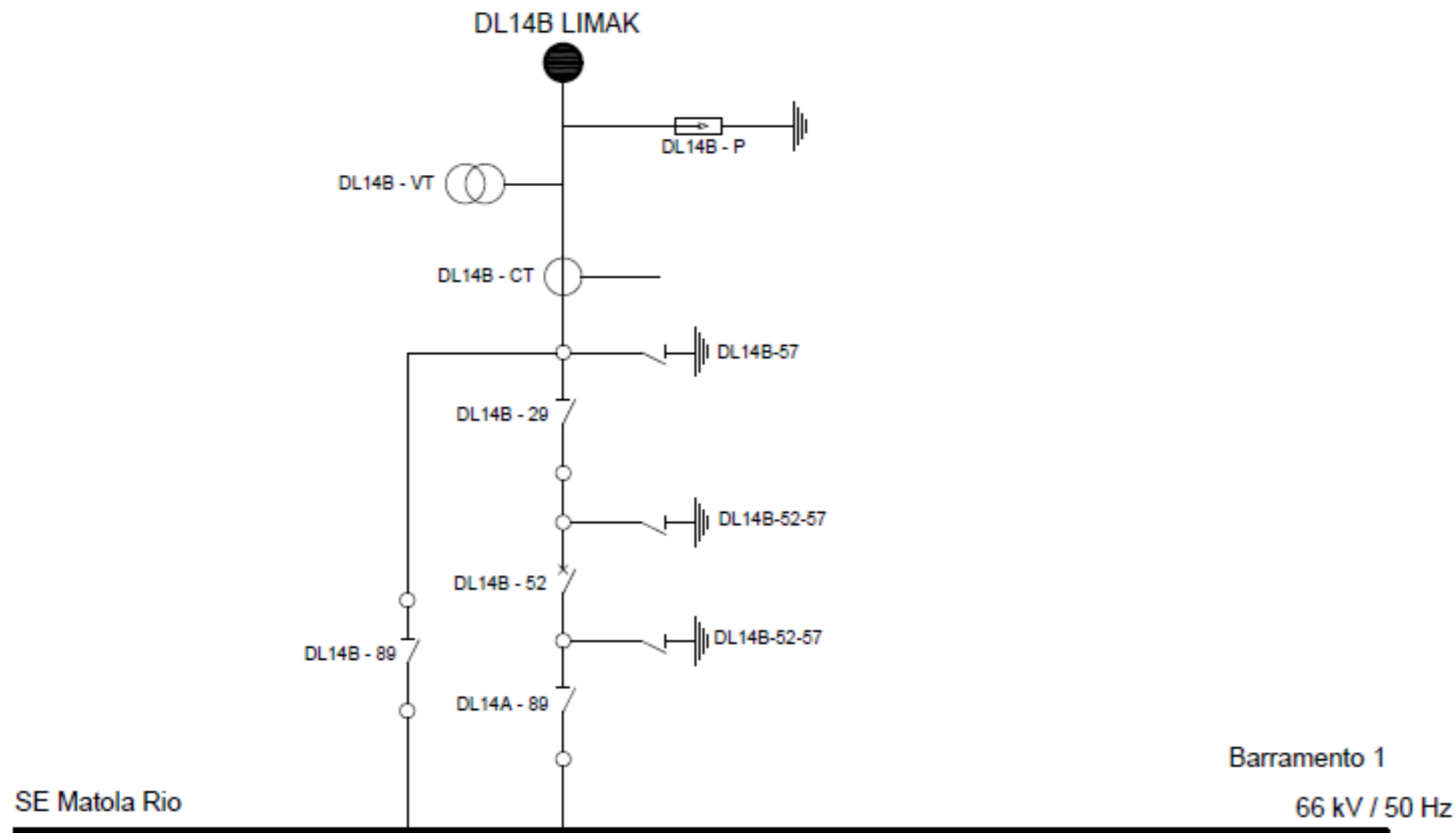


LEGENDAS:

Símbolo	Designação
	Para-raio
	Transformador de tensão
	Transformador de intensidade
	Disjuntor de potência
	Seccionador de Terra
	Seccionador

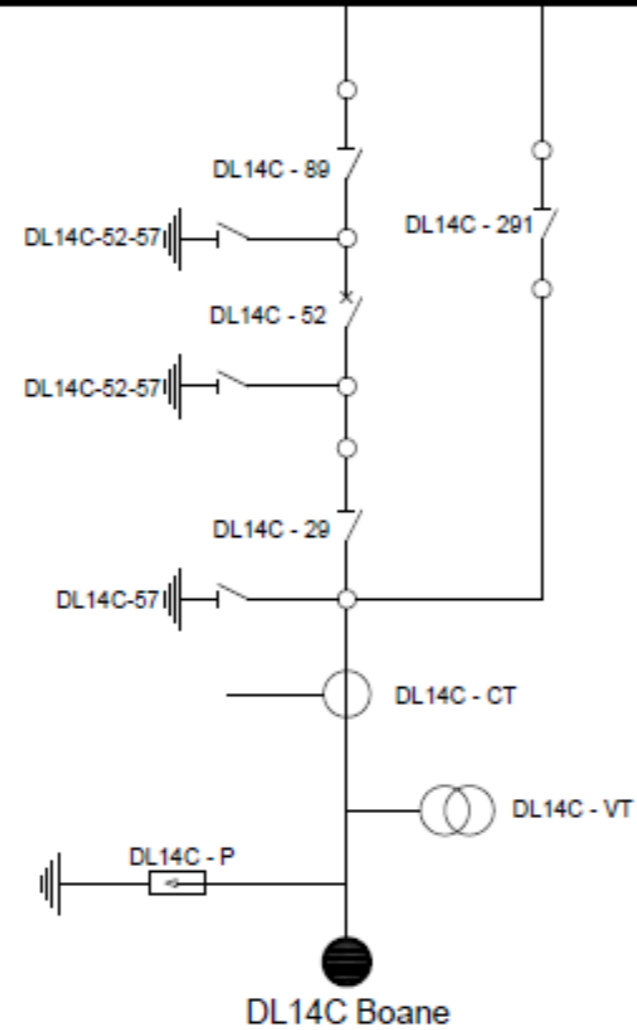


projecto n°: ---	elaborou	09/10/05	Carmenã, Hélio Boia	Peças Desenhadas	AP 03 AP3: 1-1
	verificou		Eng.º José Santos		
	validou		Eng. Manuel Teles	SLD - SE LIMAK	
	escala	instalação:			
				Electricidade	ELEC 01
	escala plot	especialidade:			
		título:		Esquema unifilar da configuração de entrada e saída da SE LIMAK	
				substituído por:	

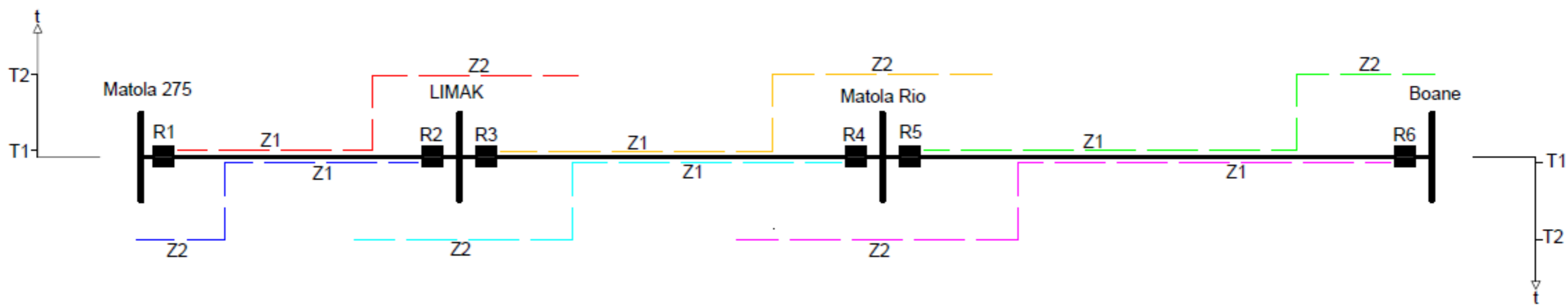


**LEGENDAS:**

Símbolo	Designação
	Para-raio
	Transformador de tensão
	Transformador de intensidade
	Disjuntor de potência
	Seccionador de Terra
	Seccionador



projecto n°: ---	elaborou	09/10/05	Carvalho, Hélio Rui	Peças Desenhadas	AP 04 AP4: 1-1	
	verificou		Eng.º José Santos			
validou	Eng. Manuel Telles			SLD - SE Matola Rio		ELEC 01
	escala	instalação:				
escala plot	especialidade:			Electricidade	substituído por:	
	título:			Esquema unifilar da configuração de entrada e saída da SE Matola Rio		



projecto n°: ---	elaborou	13/1/25	Carvalho, Hélio Boa	Peças Desenhadas	AP 05 AP5: 1-1
	verificou		Eng.º José Santos		
	validou		Eng. Manuel Teles		
	escala	instalação: ----			ELEC 01
	escala plot	especialidade: Electricidade			
		título: Representação das Zonas de Protecção dos Relés			substituído por: