



UNIVERSIDADE  
E D U A R D O  
MONDLANE

**FACULDADE DE ENGENHARIA**

**CURSO DE LICENCIATURA EM ENGENHARIA ELÉCTRICA**

**Aumento da confiabilidade energética e Redução dos custos de facturação nas  
instalações eléctricas da Marin Trading, Lda**

**Autor:**

Muchanga, Carlos Alexandre

**Supervisor:**

Eng. Hélder Nhambe

Maputo, Julho de 2024



**FACULDADE DE ENGENHARIA**

**CURSO DE LICENCIATURA EM ENGENHARIA ELÉCTRICA**

**AUMENTO DA CONFIABILIDADE ENERGÉTICA E REDUÇÃO DOS CUSTOS DE  
FACTURAÇÃO NAS INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS DA MARIN TRADING, LDA**

**Autor:**

Muchanga, Carlos Alexandre

**Supervisor:**

Eng. Hélder Nhambe

Maputo, Julho de 2024

## **DEDICATÓRIA**

**Aos meus pais Alexandre Muchanga  
e Helena Samuel Siteo, e aos meus cinco irmãos.**

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar, a Deus, pela minha vida, e por me permitir ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo da realização deste trabalho.

Aos amigos e familiares, por todo o apoio e pela ajuda prestada, que muito contribuiu para a realização deste trabalho.

Aos professores, pelas correcções e ensinamentos que me permitiram apresentar um melhor desempenho no meu processo de formação profissional ao longo do curso.

A todos os que participaram, directa ou indirectamente no desenvolvimento deste trabalho de pesquisa, enriquecendo o meu processo de aprendizagem.

Aos meus colegas de curso, com quem convivi intensamente durante os últimos anos, pelo companheirismo e pela troca de experiências que me permitiram crescer não só como pessoa, mas também como formando.

A todos da empresa Powergol Moçambique, LDA, pelo fornecimento de dados e materiais que foram fundamentais para o desenvolvimento da pesquisa que possibilitou a realização deste trabalho.

## **RESUMO**

A instalação eléctrica apresenta várias avarias. Por um lado, pelo facto de estar a ser alimentada por transformador de potência muito elevada enquanto o seu consumo é muito menor. Neste âmbito realizou-se estudos que visam melhorar a qualidade da energia eléctricas na Marin Trading, Lda. O objectivo deste estudo é aumentar da confiabilidade energética e reduzir dos custos de facturação nas instalações eléctricas da Marin trading, Lda. Para alcançar o objectivo deste estudo recorreu-se a pesquisa bibliográfica, entrevistas para colecta de informação e colecta de dados no campo. Com este estudo concluiu-se que muitas entidades as adquirirem ou arrendarem-se edifícios, pagam energia eléctrica de acordo com contractos que não de acordo com o seu consumo e que a ausência de dispositivos diferenciais causa perdas de energia eléctrica e a ausência de protecção contra sobretensões deixa a instalação eléctrica vulnerável a sobretensões de várias origens.

**Palavras chave:** Instalação eléctrica, Confiabilidade, facturação.

**ABSTRACT**

The electrical installation has several faults. On the one hand, because it is being powered by a very high power transformer while its consumption is much lower. In this context, studies were carried out to improve the quality of electricity in Marin Trading, Lda. The objective of this study is to increase energy reliability and reduce billing costs in the electrical installations of Marin Trading, Lda. To achieve the objective of this study, bibliographic research, interviews for information collection and data collection in the field were used. With this study it was concluded that many entities that acquire or rent buildings, pay electricity according to contracts that are not according to their consumption and that the absence of residual current devices causes losses of electricity and the absence of protection against overvoltages leaves the electrical installation vulnerable to overvoltages of various origins.

**Keywords:** Electrical installation, Reliability, billing.

## ÍNDICE

|                                                                         |      |
|-------------------------------------------------------------------------|------|
| DEDICATÓRIA .....                                                       | I    |
| AGRADECIMENTOS .....                                                    | II   |
| RESUMO .....                                                            | III  |
| ABSTRACT .....                                                          | IV   |
| LISTA DE SÍMBOLOS .....                                                 | VII  |
| LISTA DE FIGURAS .....                                                  | VIII |
| LISTA DE TABELAS .....                                                  | IX   |
| CAPITULO I - DESCRIÇÃO E ENQUADRAMENTO DO ESTUDO .....                  | 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    |
| CAPITULO II – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....                               | 4    |
| 2.1. Protecção Diferencial .....                                        | 4    |
| 2.2. Dispositivos diferenciais e os regimes de neutro .....             | 6    |
| 2.2.1. Regime de neutro TT .....                                        | 6    |
| 2.2.2. Regime de neutro TN .....                                        | 7    |
| 2.2.3. Regime de neutro IT .....                                        | 8    |
| 2.3. Protecção contra sobretensões .....                                | 9    |
| 2.3.1. Sobretensões de origem atmosférica .....                         | 9    |
| 2.3.2. Descarregadores de sobretensões .....                            | 11   |
| 2.4. Balanço de cargas .....                                            | 13   |
| 2.4.1. Critérios de avaliação .....                                     | 13   |
| 2.4.2. Potências Unitárias das Instalações de Utilização .....          | 13   |
| 2.4.3. Coeficientes de Utilização e Simultaneidade .....                | 14   |
| 2.5. Correção do factor de potência de uma instalação eléctrica .....   | 16   |
| 2.5.1. O baixo factor de potência .....                                 | 16   |
| 2.5.2. Como corrigir o $\cos \varphi$ de uma instalação eléctrica ..... | 17   |
| 2.6. Vantagens da correcção do $\cos \varphi$ .....                     | 18   |
| 2.7. Resistência de Terra .....                                         | 19   |

|                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.7.1. Cálculo da Resistência de Terra em Solos Homogêneos Eléctrodo Vertical   | 19 |
| 2.8. Sistema tarifário de venda de energia eléctrica.....                       | 24 |
| CAPITULO III – ANÁLISE E DESCRIÇÃO DA INSTALAÇÃO ELÉCTRICA.....                 | 25 |
| 3.1. Descrição da instalação eléctrica .....                                    | 25 |
| 3.2. Análise das instalações.....                                               | 25 |
| 3.3. Estimativa actual de cargas .....                                          | 26 |
| 3.3.1. Execução das instalações .....                                           | 27 |
| CAPITULO IV - PROPOSTA DE SOLUÇÕES DE MELHORIA DAS INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS ..... | 29 |
| 4.1. Definição da potência do transformador .....                               | 29 |
| 4.2. Novo quadro de entrada QGBT .....                                          | 31 |
| 4.3. Equilíbrio das fases do QGBT.....                                          | 33 |
| 4.4. Dimensionamento de protecção contra contactos directos e indirectos .....  | 33 |
| 4.5. Redução da resistência de terra .....                                      | 34 |
| CAPITULO V - ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÓMICA DAS SOLUÇÕES PROPOSTAS .....      | 36 |
| CAPITULO VI - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....                                  | 39 |
| Conclusões.....                                                                 | 39 |
| Recomendações .....                                                             | 40 |
| Bibliografia.....                                                               | 41 |
| ANEXOS.....                                                                     | A  |

## LISTA DE SÍMBOLOS

IEEE – Institute of Electrical and Electronics Engineers

Ks - coeficiente de simultaneidade

Ku - coeficiente de utilização

KW – Kilo Watt

KVA – Kilo Volt-Ampére

KVAR – Kilo Volt-Ampére Reactivo

L1 – Fase 1

L2 – Fase 2

L3 – Fase 3

QGBT – Quadro Geral de Baixa Tensão

QP – Quadro Parcial

RSIUEE - “Regulamento de Segurança de Instalações de Utilização de Energia Eléctrica”, Direcção Geral de Energia (1974)

RSICEE – “Regulamento de Segurança de Instalações Colectivas de Edifícios e Entradas”, Direcção Geral de Energia (1974)

LED – Light-emitting diode

RTIEBT – Regras Técnicas de Instalações Eléctricas de Baixa Tensão

A – ampére

$l$  - comprimento eléctrodo;

$d$  - diâmetro do eléctrodo;

$\rho_a$  - resistividade aparente do solo homogéneo;

*Reléctrodo* - resistência de terra para um eléctrodo vertical

$R_i$  - resistência total do eléctrodo  $i$ ;

$R_{ii}$  - resistência individual de cada eléctrodo, sem a adição das interferências provocados pelos restantes eléctrodos,

$R_{ij}$  - resistência provocada pela interferência dos restantes eléctrodos em paralelo  $j$ ;

$a_{ij}$  - distância entre o eléctrodo  $i$  e  $j$ ;

N - Número de eléctrodos em paralelo;

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1: Dispositivos de protecção diferencial (Fonte: Insumelec, 2014) .....                                                 | 4  |
| Figura 2: Esquema de um DDR monofásico (Fonte: Insumelec, 2014) .....                                                          | 4  |
| Figura 3: Esquema TT (Fonte: Insumelec, 2014) .....                                                                            | 6  |
| Figura 4: Esquema TN-C-S (Fonte: Insumelec, 2014).....                                                                         | 8  |
| Figura 5: Esquema IT (Fonte: Insumelec, 2014).....                                                                             | 8  |
| Figura 6: Ondas de sobretensões de origem atmosférica e de sobretensões de manobra (Fonte: Insumelec, 2015) .....              | 10 |
| Figura 7: Descarregador de sobretensões (Fonte: Insumelec, 2015) .....                                                         | 11 |
| Figura 8: Triângulo de Potências (Fonte: Insumelec, 2013) .....                                                                | 17 |
| Figura 9: Variação de intensidade que percorre o cabo de alimentação de um quadro em função da cos da carga .....              | 18 |
| Figura 10: Eléctrodo vertical enterrado num solo homogéneo (Fonte: Coelho, 2015)...                                            | 19 |
| Figura 11: Linhas equipotenciais de um eléctrodo vertical enterrado num solo homogéneo (Fonte: Kindermann, 1995) .....         | 20 |
| Figura 12: Interferências entre eléctrodos paralelos (Fonte: Kindermann, 1995) .....                                           | 20 |
| Figura 13: Linhas equipotenciais entre dois eléctrodos verticais enterrados num solo homogéneo (Fonte: Kindermann, 1995) ..... | 21 |
| Figura 14: Distâncias necessárias para o cálculo de $R_i$ (Fonte: Coelho, 2015) .....                                          | 22 |
| Figura 15: Agregação das resistências em paralelo (Fonte: Coelho, 2015).....                                                   | 23 |
| Figura 16: Configuração da instalação eléctrica (Fonte: Autor).....                                                            | 25 |
| Figura 17: Desequilíbrio de fases (Fonte: O Autor) .....                                                                       | 28 |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1: Tabela do consumo de energia com o transformador de 1250 KVA (Fonte: O Autor) .....                                       | 26 |
| Tabela 2: Tabela de consumo de energia com o transformador 250 KVA (Fonte: O Autor) .....                                           | 29 |
| Tabela 3: Valores máximos das resistências do eléctrodo de terra em função da corrente diferencial estipulada (Fonte: RTIEBT) ..... | 33 |
| Tabela 4: Níveis de referência das sobretensões transitórias na origem da instalação (Fonte: RTIEBT) .....                          | 34 |
| Tabela 5: Estimativa de custos (Fonte: O Autor) .....                                                                               | 36 |
| Tabela 6: Custos de energia com o transformador de 1250 KVA (Fonte: O Autor) .....                                                  | 37 |
| Tabela 7: Custos de energia com o transformador de 250 KVA (Fonte: O Autor) .....                                                   | 38 |

## **CAPITULO I - DESCRIÇÃO E ENQUADRAMENTO DO ESTUDO**

### **1.1. Introdução**

A POWERGOL Moçambique, Lda., é uma empresa especializada no ramo da Energia e Instalações Especiais, exercendo actividades de Engenharia e Industriais. Esta empresa faz parte do grupo Três60, que está em 6 países nomeadamente Portugal, Alemanha, Espanha, França, Angola e mais recentemente em Moçambique, possui 25 empresas, há mais de 40 anos, em vários sectores tais como redes de energia de AT, MT e BT, Telecomunicações, Segurança, informática, etc.

A instalação eléctrica que é objecto de estudo pertence à Marin Trading, Lda que é uma referência na comercialização e distribuição de bens de consumo alimentar e não alimentar, com uma oferta de produtos desde os frescos aos congelados, da confeitaria aos fermentos para panificação e da higiene à limpeza. O seu complexo é, essencialmente constituído por armazéns, escritórios e duas câmaras frigoríficas. Faz-se esta análise para solucionar os problemas existentes nesta instalação de forma específica e demonstrar de forma geral os procedimentos e metodologias a seguir em estudos e projectos de instalações eléctricas para aumentar a capacidade de resposta da Powergol na resolução deste tipo de problemas.

E este projecto é efectuado durante o estágio profissional na Empresa Powergol, que é uma das formas de culminação do curso de engenharia eléctrica.

### **1.2. Formulação do problema**

As instalações eléctricas da Marin Trading, Lda foram originalmente concebidas para uma fábrica, com um transformador de 1250KVA, entretanto, a fábrica foi descontinuada e deu-se lugar aos actuais armazéns, cujo consumo é da ordem dos 80 KVA, o que efectivamente coloca as instalações em situação de sobredimensionamento. Este sobredimensionamento causa elevado consumo de energia reactiva e por consequência um baixo factor potência.

Esta instalação eléctrica por ser antiga e ser sujeita a pouquíssimas ou quase nenhuma manutenção ficou susceptível a avarias. Estas avarias acrescentadas à ausência de um grupo gerador tem dificultado o processo de conservação de todos os produtos comercializados e distribuídos por este armazém, impossibilitando a facturação dos produtos vendidos e dificultando a realização de outras actividades.

Por outro lado, ao longo do tempo foram sendo acrescentados equipamentos na instalação sem avaliação das cargas já existentes e sua distribuição pelas fases, resultando daí vários circuitos estabelecidos, a partir dos quadros que se apresentam deficientemente concebidos e dimensionados em termos eléctricos. Estes eventos tornam a confiabilidade energética desta instalação muito baixa e os custos da facturação muito elevados.

### **1.3. Justificativa**

Em alguns locais de Moçambique e em outros Países, Para reduzir custos decorrentes da construção de edifícios de raiz, muitas empresas ou entidades optam por arrendar ou comprar escritórios, casas, edifícios, armazéns, etc. Este hábito por vezes faz com que os que adquirem novos edifícios para exercer suas actividades não façam revisão e/ou redimensionamento das instalações eléctricas.

Dai que é relevante efectuar este projecto para tornar esta instalação confiável e com custos de facturação consoante o seu consumo e capacidade instalada. Assim há que actuar no sentido de evitar os constrangimentos causados pelas constantes avarias, que tem causado a deterioração de vários produtos reduzindo assim a sua produtividade e tornar este armazém com maior disponibilidade de recursos financeiros para utilizar em outros fins. Simultaneamente, a concessionária obrigando-se ao fornecimento menor potência reactiva ficaria com maior disponibilidade de potência activa para fornecer a mais consumidores.

Este estudo e projecto vai permitir contribuir para que haja mais consciência e sensibilidade para que os futuros adquirentes de imóveis procurem serviços de consultoria Técnica para evitar avarias e até mesmo incidentes causados por essas deficiências em instalações eléctricas. Para esse efeito o armazém recorreu à prestação de Serviços Especializados de Consultoria Técnica, contratando a Powergol, que por sua vez, envolveu estagiário na resolução destes problemas.

## **1.4. Objectivos**

### **1.4.1. Objectivo geral**

- Aumentar a confiabilidade energética e reduzir os custos de facturação nas instalações eléctricas da Marin Trading, Lda

### **1.4.2. Objectivos específicos**

- Descrever a instalação eléctrica;
- Avaliar os circuitos de uso geral e específico do QGBT;
- Estudar o estado de equilíbrio das fases do QGBT;
- Medir a resistência de terra;
- Propor soluções de melhoria das instalações;
- Analisar a viabilidade económica das soluções propostas.

## **1.5. Metodologia**

Os objectivos estabelecidos nesse projecto serão alcançados seguindo – se uma pesquisa quantitativa, que permitirá através de linguagem matemática descrever a relação entre os dados actuais e os posteriores à realização do projecto. Como procedimento e técnicas de colecta de dados, serão utilizadas as seguintes metodologias:

**Pesquisa bibliográfica** - Que é feita a partir do levantamento de referências teóricas já analisadas e publicadas em meios escritos e electrónicos como livros, artigos científicos, paginas web;

**Entrevistas para colecta de informação** – Que é definida como sendo uma técnica de interacção social, uma forma de diálogo, em que uma das partes busca obter dados, e a outra se apresenta como fonte de informação; e

**Colecta de dados no campo** – Que é feita directamente no terreno, com a colecta de dados na base de chapas de características dos equipamentos, medições de grandezas e/ou resultados dos ensaios laboratoriais.

## CAPITULO II – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1. Protecção Diferencial

Um sistema de terras por si só não protege pessoas e bens de uma instalação, à excepção de um sistema de terras com a finalidade de escoar correntes provenientes das descargas atmosféricas. Assim sendo, é obrigatório complementar a protecção de pessoas e a própria instalação com equipamentos de protecção diferencial.

Um dispositivo diferencial residual (DDR), é um equipamento de protecção que verifica constantemente as correntes residuais existentes numa instalação eléctrica ou apenas em alguns circuitos. Na figura 1 estão representados um dispositivo diferencial residual monofásico e um trifásico. Como a corrente eléctrica circula num circuito fechado, a soma das correntes dos condutores activos, ou seja, fases e neutro, é nula. Assim, de uma forma resumida, os dispositivos diferenciais residuais medem a soma das correntes de todos os condutores activos, e calculam indirectamente qual o valor da corrente desviada para a terra.



Figura 1: Dispositivos de protecção diferencial (Fonte: Insumelec, 2014)

Portanto, um dispositivo diferencial residual é constituído por um toro, um sistema de desarme e contactos eléctricos, como ilustra a figura 2. O toro é constituído por material ferromagnético, e é utilizado para verificar a corrente eléctrica no seu estado de funcionamento normal. Assim, no caso de ausência de defeitos, a soma das correntes dos condutores activos deverá ser nula, e portanto, os contactos do DDR deverão manter-se fechado, caso contrário deverão abrir imediatamente.

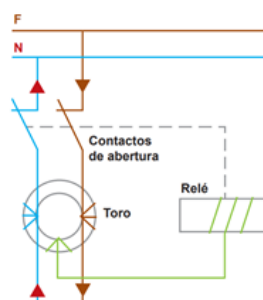


Figura 2: Esquema de um DDR monofásico (Fonte: Insumelec, 2014)

O sistema de desarme é composto por um relé electromecânico ou electrónico. No caso dos sistemas electromecânicos, uma corrente é conduzida do toro para um relé de imane permanente de ferro e níquel. Na ocorrência de um desequilíbrio na corrente que chega ao relé, este inverte o campo magnético do imane permanente e faz com que um êmbolo seja accionado, fazendo actuar o mecanismo de disparo. No sistema electrónico, a corrente que é enviada para o relé é amplificado, que consequentemente faz actuar uma bobina de disparo. Os contactos eléctricos que constituem um DDR, por acção do relé ou da bobina de disparo, abrem o circuito, interrompendo a alimentação do mesmo. Uma vez que este tipo de dispositivo são exclusivamente para instalações de corrente alternada, a diferença entre estes depara-se no tipo de correntes de fugas que são capazes de detectar. Logo, os DDR são divididos em três classes:

- Classe AC – dispositivos sensíveis apenas a correntes alternadas sinusoidais.
- Classe A – dispositivos sensíveis a correntes alternadas sinusoidais e a corrente alternada com componente contínua pulsante, geradas por cargas não lineares, como é o caso dos rectificadores de onda tipo ponte de wheatstone.
- Classe B – dispositivos sensíveis a correntes alternadas sinusoidais, a corrente alternada com componente contínua pulsante e a correntes contínuas puras. Esta classe adequa-se a circuitos para inversores, ascensores, UPS, variadores trifásicos e equipamentos médicos.

Posto isto, a sensibilidade de um aparelho de protecção diferencial é definida pela Corrente Diferencial Residual Estipulada ( $I_{an}$ ), isto é, o valor de corrente de fuga originário de um defeito, que obrigatoriamente provoca a abertura do circuito defeituoso, sendo que por vezes o circuito abre para valores inferiores, mas próximos do valor estipulado. Assim, as normas IEC definem três categorias, quanto à sensibilidade de um DDR e de acordo com o seu valor estipulado  $I_{An}$ :

- Alta sensibilidade – 6mA, 10mA e 30mA;
- Média sensibilidade – 100mA, 300mA, 500mA e 1A;
- Baixa sensibilidade – 3A, 10A e 30A.

Os dispositivos de alta sensibilidade são os mais utilizados em habitações, pois são os mais indicados para proteger os utilizadores da instalação contra contactos indirectos. Os de média sensibilidade tem como principal objectivo a protecção contra riscos de incêndio. No entanto, ambos os dispositivos, tanto os de alta sensibilidade como os de média sensibilidade asseguram ainda a protecção contra contactos indirectos, assim com a protecção de equipamentos.

## 2.2. Dispositivos diferenciais e os regimes de neutro

Para garantir a correcta protecção de pessoas contra todos os tipos de defeitos que eventualmente possam acontecer numa instalação, conforme o regime de neutro existente, é fundamental aplicar as protecções adequadas. Assim sendo, segundo a norma internacional IEC 60364, o regime de neutro de uma instalação de baixa tensão é determinada pela posição do neutro e das massas, ou seja, todas as partes metálicas onde a tensão é normalmente nula.

### 2.2.1. Regime de neutro TT

O regime de neutro TT é o mais utilizado, uma vez que em habitações apenas é permitido este tipo de regime de neutro. Neste regime, o neutro é ligado directamente à terra de serviço e as massas são ligadas à terra de protecção, e é obrigatório o uso de dispositivos de protecção diferencial, assim como interruptores diferenciais, disjuntores diferenciais ou relés diferenciais, como mostra a figura 3. No entanto, todas as massas protegidas pelo mesmo dispositivo de protecção diferencial devem ser ligadas à mesma terra de protecção. De salientar que, a terra de serviço e a terra de protecção são sistemas de terras distintos. Assim, a saída de serviço do circuito defeituoso é obrigatória logo ao primeiro defeito de isolamento.

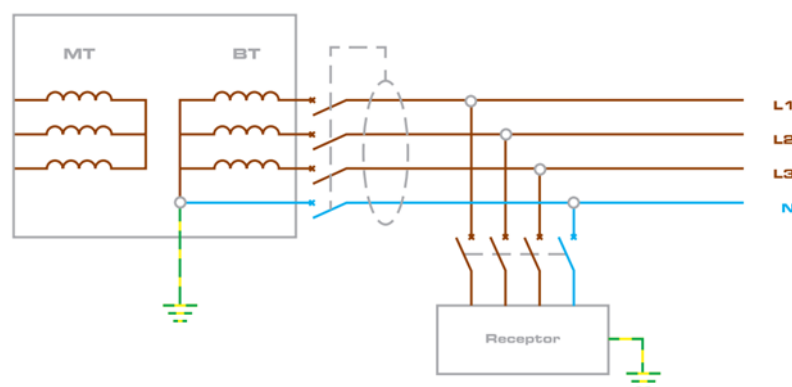


Figura 3: Esquema TT (Fonte: Insumelec, 2014)

### **2.2.2. Regime de neutro TN**

O regime de neutro TN é usado principalmente em instalações industriais ou em redes eléctricas, nas quais é complicado e dispendioso conseguir boas ligações à terra ou devido à grande potência dos circuitos não ser possível proteger estes com dispositivos diferenciais. A terra de serviço e a terra de protecção estão ligados ao mesmo sistema de terras. Portanto, consideram-se três tipos de regimes de neutro TN.

#### **Regime de neutro TN-C**

Neste regime de neutro, o neutro e a terra de protecção seguem num condutor único, sendo expressamente proibido efectuar o corte do neutro por algum equipamento de manobra. Contudo, a protecção de contactos directos e indirectos está assegurada pelos equipamentos de protecção contra sobreintensidades, tais como os disjuntores e os fusíveis. No entanto, é impotente referir que este tipo de regime pode ser muito interessante com o intuito de baixar o custo da instalação. Se a corrente de defeito não for suficiente para actuar estes equipamentos de protecção contra sobreintensidades, a instalação deve ser redimensionada para que a protecção de pessoas esteja garantida.

#### **Regime de neutro TN-S**

Neste regime de neutro, o neutro e a terra de protecção seguem em condutores separados. Assim, a protecção contra contactos directos e indirectos, fica garantida pelos dispositivos de protecção diferencial.

#### **Regime de neutro TN-C-S**

Este regime é um regime misto, pois uma parte de instalação tem um regime de neutro TN-C e outra parte da instalação tem o regime de neutro TN-S, efectuando-se em cada um dos regimes a protecções anteriormente descritas, como ilustra a figura 4. Como a separação do neutro com o condutor de protecção é obrigatória antes da protecção diferencial, implica que o regime TN-C se localize sempre a montante das protecções diferenciais e o regime TN-S a jusante das protecções diferenciais. Assim, em qualquer regime TN, a saída de serviço do circuito defeituoso é obrigatório logo ao primeiro defeito de isolamento.

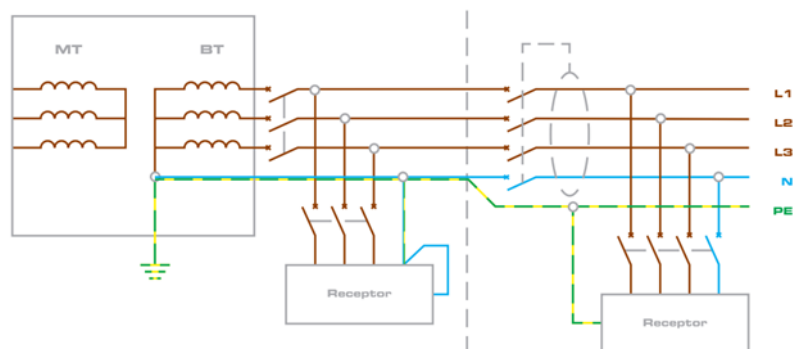


Figura 4: Esquema TN-C-S (Fonte: Insumelec, 2014)

### 2.2.3. Regime de neutro IT

O regime IT é um regime em que o neutro fica isolado, ou seja, o neutro não é ligado à terra ou então é ligado através de uma impedância de valor elevado. Assim, este regime de ligação é o mais apropriado para instalações onde não se pretende o corte do circuito defeituoso logo ao primeiro defeito de isolamento. Portanto, este tipo de propriedade do regime IT garante uma maior continuidade de serviço, sendo muito utilizado em locais como blocos operatórios de hospitais, redes elétricas em aeroportos, minas e instalações com riscos de incêndio ou explosão. Uma vez que, as ligações entre massas são efectuadas através de um condutor de protecção, em caso de defeito de isolamento no condutor activo, a corrente de defeito terá um valor reduzido, motivando que não seja necessário a abertura do circuito defeituoso imediatamente após o surgimento do primeiro defeito. No entanto, se o primeiro defeito não for reparado, ao ocorrer uma segunda alha de isolamento, sucederá um curto-circuito fase-fase, que consequentemente irá fazer actuar os dispositivos contra sobreintensidades. Este corte, para além de ser obrigatório, também é inevitável pelos motivos acima descritos. De salientar ainda o facto de não se utilizarem dispositivos de protecção diferencial, pois estes são inúteis para este regime de neutro, uma vez que a malha de defeito não se fecha pela terra, mesmo que as massas estejam interligadas pelo condutor de protecção.

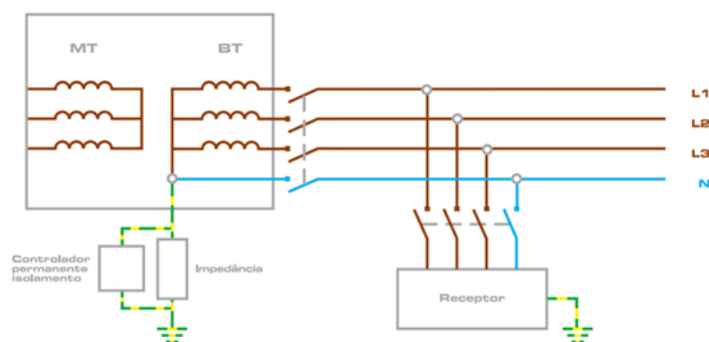


Figura 5: Esquema IT (Fonte: Insumelec, 2014)

## **2.3. Protecção contra sobretensões**

Uma sobretensão é um aumento elevado e súbito da tensão normal de funcionamento de uma instalação eléctrica e que ocorre durante um curto período de tempo.

Como consequência da sobretensão, vai ocorrer na instalação eléctrica um aumento de energia substancial que pode causar danos na instalação e nos equipamentos, podendo em alguns casos levar à destruição dos mesmos.

### **Tipos de sobretensões**

As sobretensões podem ser dos seguintes tipos:

- Sobretensões de manobra

Ocorrem na sequência de manobras realizadas na rede eléctrica. As modificações da configuração eléctrica de uma rede produzem regimes transitórios que podem provocar sobretensões mais ou menos elevadas

- Sobretensões de frequência

É uma sobretensão de frequência igual à da instalação, causada por uma alteração na instalação eléctrica, resultante de uma falha permanente, como por exemplo, um defeito de isolamento ou corte de neutro.

- Sobretensões produzidas por descargas electrostáticas

Estas sobretensões ocorrem quando se dá a acumulação de cargas eléctricas que criam um campo electromagnético forte. Ao existir contacto entre dois corpos com um potencial electrostático diferente, produz-se uma descarga eléctrica que leva a uma sobretensão.

- Sobretensões de origem atmosférica

São sobretensões causadas por fenómenos atmosféricos, nomeadamente pelos raios provenientes das trovoadas. Os raios são um fenómeno eléctrico de alta frequência que produzem sobretensões elevadas em todos os elementos condutores de energia, em particular, nos cabos e nas cargas eléctricas.

### **2.3.1. Sobretensões de origem atmosférica**

As sobretensões de origem atmosférica, decorrentes da queda de um raio, são aquelas que têm valores mais elevados, com valores que variam entre os 33kA e os 65 kA, podendo inclusivé, em casos extremos, ultrapassar este último valor.

As sobretensões originadas por descargas atmosféricas, podem danificar quer a instalação eléctrica, quer os equipamentos eléctricos e electrónicos a ela associados, representando um custo elevado, quer na reparação ou substituição dos equipamentos danificados, quer nas perdas verificadas por uma diminuição da continuidade de serviço.



Figura 6: Ondas de sobretensões de origem atmosférica e de sobretensões de manobra (Fonte: Insumelec, 2015)

As sobretensões provocadas pelas descargas atmosféricas, podem ocorrer de forma directa, nomeadamente nos casos em que um raio atinge uma instalação fabril ou edifício, ou, de forma indirecta, sendo que neste caso, ocorrem normalmente das seguintes formas:

- A descarga atmosférica atinge os cabos de energia que alimentam o edifício. Mesmo que a descarga tenha ocorrido a uma grande distância, a sobretensão e consequente sobreintensidade podem ser sentidas a vários quilómetros, afectando a instalação eléctrica.
- A descarga atmosférica ocorre perto de um cabo de energia que fornece o edifício. A radiação electromagnética decorrente dessa descarga, provoca uma sobretensão e sobreintensidade na instalação eléctrica.
- A descarga atmosférica ocorre perto do edifício, originando um aumento do potencial de terra na zona envolvente à do impacto.

Em termos de protecções existem 2 tipos:

- Protecções do tipo LPS (Lightning Protection System)

Estas protecções têm como finalidade o captar e conduzir a corrente de descarga para a terra. Existem 3 tipos de protecções primárias:

- os pára-raios: são colocados no topo dos edifícios, sendo ligados à terra por meio de um ou mais condutores
- condutores suspensos: são condutores isolados que se colocam por cima das zonas que se pretende proteger

- gaiola de Faraday: são colocados em redor do edifício diversos condutores dispostos de forma simétrica.

- Protecções do tipo SPS (Surge Protection System)

Estas protecções têm como principal função a protecção da instalação eléctrica e dos equipamentos a ela associados, limitando as sobretensões a valores aceitáveis, de forma a ser suportada pelos equipamentos. Este tipo de protecção é realizada pelos descarregadores de sobretensões.

### **2.3.2. Descarregadores de sobretensões**

Os descarregadores de sobretensões são equipamentos que visam proteger a instalação eléctrica e os equipamentos eléctricos e electrónicos a ela associados, limitando as sobretensões transitórias, quer sejam de origem atmosférica, mas também sobretensões resultantes de manobras na rede, como por exemplo, as resultantes da comutação de transformadores, de motores, ou de variações bruscas de carga.



*Figura 7: Descarregador de sobretensões (Fonte: Insumelec, 2015)*

Os descarregadores de sobretensões funcionam segundo dois modos:

- Em modo comum, os descarregadores eliminam as sobretensões entre fase e neutro ou terra. Assim, no caso de ocorrer uma sobretensão superior à tensão de funcionamento, o descarregador conduz a sobretensão à terra.
- Em modo diferencial, os descarregadores eliminam as sobretensões entre fase e terra. Ao ocorrer uma sobretensão, o descarregador reparte a sobretensão existente entre os restantes condutores activos.

## Tipos de descarregadores de sobretensões

Os descarregadores de sobretensões classificam-se em 3 tipos:

### ► Tipo 1

Os descarregadores de tipo 1, protegem a instalação eléctrica contra descargas atmosféricas directas, limitando a propagação da onda de sobretensão a 10/350  $\mu$ s ao longo da instalação. Estes descarregadores são obrigatórios em edifícios que sejam protegidos por equipamentos do tipo LPS (Lightning Protection System), como, pára-raios ou gaiola de Faraday.

### ► Tipo 2

Estes descarregadores garantem a protecção mínima a todas as instalações eléctricas, limitando a propagação da onda de sobretensão a 8/20  $\mu$ s.

► Tipo 3 São descarregadores com uma capacidade baixa de descarga, sendo instalados como complemento aos descarregadores de tipo 2 e próximos das cargas mais sensíveis. Caracterizam-se por uma onda de tensão de 1,2/50  $\mu$ s e de corrente de 8/20  $\mu$ s.

## **2.4. Balanço de cargas**

### **2.4.1. Critérios de avaliação**

O balanço de cargas de uma instalação de utilização de energia eléctrica consiste na listagem das potências previstas para os diferentes consumidores e utilizadores dessa instalação. Como tal constitui um elemento base para o correcto dimensionamento e definição da concepção dessa mesma instalação, nomeadamente na avaliação do tipo de alimentação de energia eléctrica (opção entre média ou baixa tensão), no valor da potência a contratar, no tipo de redes de distribuição a considerar.

A obtenção do balanço de cargas é baseada em diversos parâmetros dos quais se refere:

- O tipo e função do consumidor ou utilizador;
- A área útil de utilização (excluem-se os compartimentos de área inferior a 4 m<sup>2</sup>, as cozinhas, as casas de banho e os corredores);
- As potências previstas para as diferentes cargas;

Também o modo como a instalação será explorada, poderá ser relativamente desconhecida.

Estes aspectos levam-nos a estabelecer alguns critérios que nos permitam determinar a potência das instalações de utilização eléctrica, com base em valores estimados como sejam:

- Determinação da potência previsível da instalação tendo por base rácios de potência por unidade de área (VA/m<sup>2</sup>);
- A assumpção de determinado tipo de funcionamento, ponderando os valores de potência pelo recurso a coeficientes de utilização e de simultaneidade.

### **2.4.2. Potências Unitárias das Instalações de Utilização**

A determinação da potência previsional de uma instalação passa pela definição de rácios de potência por unidade de área (VA/m<sup>2</sup>) que são função do tipo de utilização da instalação.

Na tabela 1 (anexo I) são apresentados, as potências mínimas a considerar no dimensionamento das instalações de uso residencial ou profissional, e na tabela 2

(anexo II) os valores mínimos admissíveis para os circuitos de iluminação e tomadas, para edifícios recebendo público. (RSIUEE - Art. 435º).

Constata-se, por um lado, que esses valores regulamentares são, por vezes, largamente ultrapassados, e por outro, que esses mesmos regulamentos são omissos quanto a rácios ou estimativas de potência para outro tipo de consumidores relativamente frequentes nos edifícios actuais como sejam: sistemas de ar condicionado e ventilação, elevadores, bombagem de águas de incêndio, etc. Por esse motivo apresenta-se a tabela 2, que tem por base o Quadro XIV do Artigo 418.º de RSIUEE, mas na qual se faz igualmente referência a valores recomendados pela boa prática de projecto.

#### **2.4.3. Coeficientes de Utilização e Simultaneidade**

Os resultados globais na determinação da potência de uma instalação, devem ser ponderados por coeficientes de utilização ***K<sub>u</sub>*** e por coeficientes de simultaneidade ***K<sub>s</sub>***:

- O coeficiente de utilização ***K<sub>u</sub>***, caracteriza o regime de funcionamento de um receptor, estabelecendo a relação entre a potência que se presume utilizada e a potência nominal instalada;
- O coeficiente de simultaneidade ***K<sub>s</sub>***, caracteriza o regime de funcionamento de uma instalação.

Por exemplo, uma central de ar condicionado poderá ser genericamente constituída por: Gerador de água fria (Chiller); Gerador de água quente (Caldeira); Bombas de circulação de água (uma em funcionamento, uma segunda em stand-by e uma terceira de reserva). Como facilmente se perceberá, não há coincidência de utilização das diferentes cargas eléctricas associadas aos equipamentos referidos. Assim haverá lugar à definição de um coeficiente de utilização.

Quanto a outro tipo de cargas, por exemplo, circuitos de iluminação, circuitos de tomadas ou de força motriz, coloca-se o problema da simultaneidade de funcionamento da parcialidade ou da globalidade dos circuitos, havendo lugar, nestes casos, à definição de coeficientes de simultaneidade parciais e globais.

A utilização, quer dos valores unitários previsíveis de potência, quer dos coeficientes de simultaneidade, deverá ser considerada unicamente como orientação, não dispensando uma análise crítica a cada situação particular. Note-se que, em

qualquer caso, deverão garantir-se sempre os mínimos de potência impostos pelos regulamentos.

### **Receptores e utilizadores de energia eléctrica**

Na tabela 3 (Anexo III) apresentam-se os valores de coeficientes de simultaneidade para receptores e utilizadores de energia eléctrica no geral.

### **Colunas montantes**

Na tabela 4 (Anexo IV) apresentam-se coeficientes de simultaneidade a considerar no dimensionamento de colunas montantes de edifícios de uso residencial (habitação), conforme Art. 25º do RSICEE. (Regras 803.2.4.3.2)

Para colunas alimentando outras instalações de utilização, que não sejam destinadas a uso residencial, deverá utilizar-se o coeficiente de simultaneidade 1.

Estes coeficientes são aplicados ao cálculo das potências totais previsíveis de uma instalação ou de um determinado quadro eléctrico, mas não podem ser usados no dimensionamento de cabos de alimentação de um dado receptor.

### **Redes de distribuição pública**

No caso das redes de distribuição pública o coeficiente de simultaneidade a utilizar  $K_s$  é calculado com base na fórmula

$$K_s = 0,15 + \frac{0,85}{\sqrt{N}} \quad (1)$$

Onde

$N$  representa o número de instalações alimentadas.

Na tabela 2 (Anexo 2) já referida apresenta-se para além da listagem das potências mínimas regulamentares e das potências recomendadas para o tipo de cargas mais comum, os coeficientes de simultaneidade para cada um dos diferentes consumidores, em edifícios recebendo público.

Estes vários aspectos da avaliação de cargas aquando da transformação da Fábrica de logurtes na actual Instalação Industrial de frio para produtos alimentares e Escritórios, não terão sido devidamente considerados, resultando numa Instalação desadequada e deficientemente dimensionada, como já referimos.

## **2.5. Correção do factor de potência de uma instalação eléctrica**

Sobre o custo da energia eléctrica incide, consideravelmente, a penalização por baixo factor de potência ( $\cos\phi$ ) de acordo com o contracto com o fornecedor de energia eléctrica. Principalmente por isto, mas também por outras importantes razões, nomeadamente a obtenção de aceitável eficiência energética das instalações, surge a necessidade de corrigir o  $\cos\phi$  da instalação. A correcção é uma técnica que, melhorando o factor de potência das instalações, permite a utilização racional da energia, realizando importantes poupanças económicas (redução dos custos de energia) e importantes melhoramentos técnicos (Minimização das perdas nas instalações, minimização de quedas de tensão, melhor utilização da capacidade instalada).

As vantagens económicas são tanto mais importantes quanto maior é o consumo de energia eléctrica.

### **2.5.1. O baixo factor de potência**

O factor de potência envolve a relação de dois tipos de potência: a potência activa e a potência reactiva.

A maior parte das cargas, no actual sistema eléctrico de distribuição, são indutivas. Isto significa que, para funcionarem, necessitam de um campo electromagnético e de receber da rede dois tipos de potência:

Potência Activa: responsável pelo trabalho, calor, força, movimento, etc..

Potência Reactiva: produz apenas o campo electromagnético necessário ao funcionamento da máquina.

A potência activa mede-se em KW enquanto a potência reactiva mede-se em KVAR (Kilovolt - ampere - reactivos).

A potência activa e a potência reactiva somadas vectorialmente compõem a potência aparente, que se mede em KVA.

O factor de potência, que se designa por  $\cos\phi$ , é a relação entre a potência activa e a potência aparente referida à fundamental; esta relação pode variar entre 0 e 1.

$$\cos\phi = \frac{\text{Potência Activa (KW)}}{\text{Potência Aparente (KVA)}} \quad (2)$$

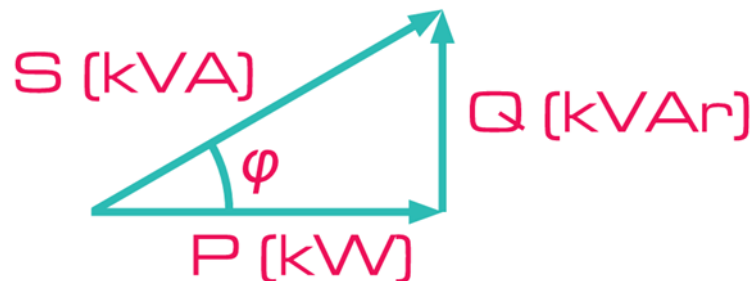


Figura 8: Triângulo de Potências (Fonte: Insumelec, 2013)

No caso de carga indutiva verifica-se um desfasamento entre a curva da tensão e a de intensidade em que a intensidade está em atraso relativamente à tensão, atingindo os seus valores máximos e os valores zero mais tarde do que a tensão.

### 2.5.2. Como corrigir o $\cos\phi$ de uma instalação eléctrica

O modo mais simples e económico de resolver o problema do baixo factor de potência de uma instalação eléctrica é o de ligar condensadores estáticos em paralelo com a carga.

Os condensadores estáticos funcionam como geradores de energia reactiva, fornecendo às instalações eléctricas toda a energia reactiva capacitiva necessária para reduzir ou eliminar a energia reactiva indutiva.

Na prática, os condensadores têm a propriedade de "absorver" uma intensidade que está em antecipação de  $90^\circ$  relativamente à tensão, comportando-se como um verdadeiro gerador de energia reactiva capacitiva, a qual se encontra em oposição à do fornecedor de energia eléctrica.

Esta potência "fornecida" pelo condensador deixa de ser fornecida pela rede pelo que diminui a intensidade da corrente de entrada, melhora o  $\cos\phi$  e anula a penalização na factura, do excedente de energia reactiva consumida. Pelo diagrama verificamos, por exemplo, que uma máquina ou um quadro eléctrico que

esteja com  $\cos \varphi = 0,7$ , a intensidade é 43 % superior à intensidade que seria necessária com o  $\cos \varphi = 1$ .

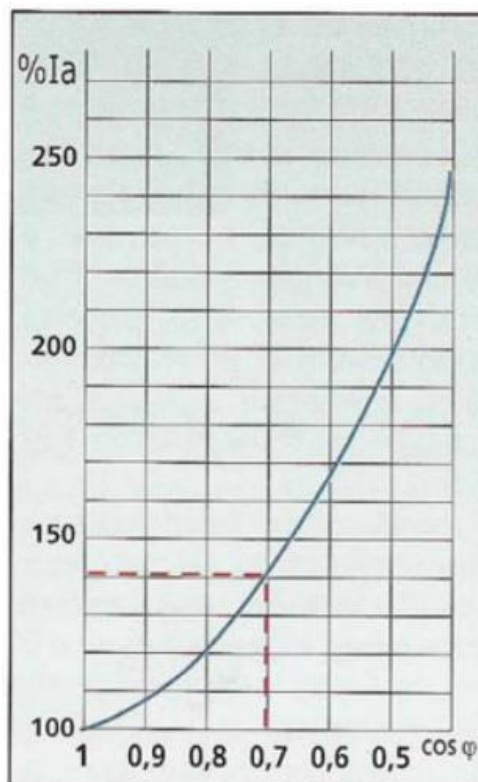


Figura 9: Variação de intensidade que percorre o cabo de alimentação de um quadro em função da  $\cos$  da carga

## 2.6. Vantagens da correcção do $\cos \varphi$

Numa instalação devidamente corrigida, o utilizador paga apenas a energia que efectivamente utiliza.

A instalação de condensadores permite também, como já acima referido outros benefícios:

- Redução do valor da factura, em alguns casos considerável, permitindo a amortização do valor do equipamento de correcção em pouco tempo.
- Redução das perdas de energia por efeito de Joule (aquecimento nos cabos).
- Maior potencialidade da instalação.
- Maior disponibilidade de potência e menor aquecimento do transformador.
- Redução das intervenções intempestivas das protecções (Fusíveis, disjuntores, limitadores de corrente, etc.), as quais interrompem o ciclo produtivo.

## 2.7. Resistência de Terra

### 2.7.1. Cálculo da Resistência de Terra em Solos Homogêneos Eléctrodo Vertical

Um único eléctrodo de terra vertical enterrado no solo é considerado a forma mais simples de um sistema de terras. Contudo, é difícil calcular a sua resistência com exactidão, uma vez que este valor é influenciado por vários factores, sendo uma delas a resistividade do solo. Assim sendo, durante a investigação sobre este assunto, foi constatado que não havia um consenso por parte dos investigadores sobre qual a fórmula certa para calcular a resistência de terra de um eléctrodo vertical num solo homogéneo. Porém, as fórmulas são quase idênticas, apresentando resultados bastante próximos como iremos ver mais adiante.

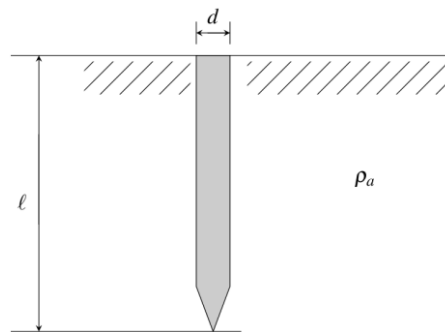


Figura 10: Eléctrodo vertical enterrado num solo homogéneo (Fonte: Coelho, 2015)

Considerando a figura 10, segundo (Coelho 2015) a expressão utilizada para calcular a resistência de terra para um eléctrodo vertical enterrado em um solo homogéneo é expressa pela equação (3).

$$R_{eléctrodo} = \frac{\rho_a}{2\pi\ell} \ln\left(\frac{4\ell}{d}\right) \quad (3)$$

Contudo, em (Coelho 2015) a resistência de terra para o mesmo caso é calculada segundo a equação (4)

$$R_{eléctrodo} = \frac{\rho_a}{2\pi\ell} \ln\left(\frac{8\ell}{d} - 1\right) \quad (4)$$

Onde,

$\rho_a$  – Resistividade aparente do solo homogéneo;

$d$  – diâmetro do eléctrodo;

$\ell$  – Comprimento do eléctrodo;

## Eléctrodos Alinhados em Paralelo

Uma das maneiras para diminuir a resistência de terra total de um sistema de terras é colocar  $N$  eléctrodos em paralelo. No entanto, a passagem de corrente pelo eléctrodo provoca uma distribuição de potencial no solo em volta do eléctrodo como ilustra a figura 11.

Quando um sistema de terras é composto por  $N$  eléctrodos em paralelo, esta distribuição de potencial no solo provoca interferências entre eléctrodos, que consequentemente aumenta a resistência de cada eléctrodo. Ou seja, quanto mais reduzido for o espaçamento entre os eléctrodos em paralelo, mais acentuado são as interferências sentidas pelos eléctrodos. Assim sendo, estas interferências reduzem o fluxo de corrente de cada eléctrodo. Posto isto, num caso em que os eléctrodos se dispõem alinhados, os eléctrodos centrais irão sentir mais dificuldades a escoar a corrente proveniente de um defeito ou de uma descarga atmosférica para o solo. Por outro lado, os eléctrodos situados na periferia sentirão menos dificuldade, uma vez que estes tem menos interferências provocadas

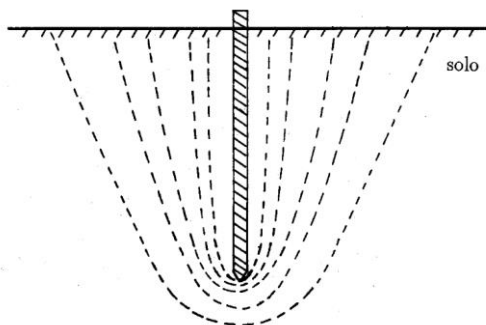


Figura 11: Linhas equipotenciais de um eléctrodo vertical enterrado num solo homogéneo (Fonte: Kindermann, 1995)

pelos eléctrodos vizinhos que os eléctrodos centrais (IEEE 2000). A figura 12 ilustra a zona de interferência entre dois eléctrodos em paralelo.

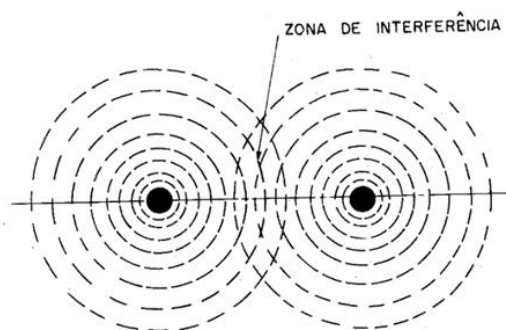


Figura 12: Interferências entre eléctrodos paralelos (Fonte: Kindermann, 1995)

Deste modo, não é possível obter de forma directa a resistência total dos eléctrodos em paralelo, uma vez que ao efectuar o cálculo das resistências em paralelo utilizando o valor das resistências individuais de cada eléctrodo, não engloba o efeito das interferências entre eléctrodos. Porém, quanto maior for o espaçamento entre eléctrodos, menor será a interferência entre eléctrodos. Assim, para um espaçamento infinito entre eléctrodos, teoricamente a interferência entre eléctrodos seria nula, onde a resistência total do sistema seria calculado através da associação em paralelo das resistências de cada eléctrodo (Kindermann 1995). A figura 13 mostra as linhas equipotenciais entre dois eléctrodos verticais enterrados num solo homogéneo.

Portanto, o acréscimo de resistência motivado pela interferência entre os eléctrodos tem de ser incorporado no cálculo da resistência de terra para sistemas com eléctrodos em paralelo. Contudo, segundo vários investigadores, existem várias fórmulas para calcular a resistência de terra para N eléctrodos em paralelo enterrados num solo homogéneo. Por uma questão de facilitar posteriormente a análise dos diferentes métodos, estes serão numerados.

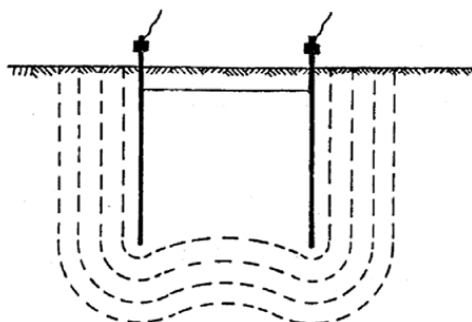


Figura 13: Linhas equipotenciais entre dois eléctrodos verticais enterrados num solo homogéneo (Fonte: Kindermann, 1995)

### Método 1

Segundo (Kindermann, 1995) e atendendo à figura 11, a resistência de um eléctrodo de terra inserido num sistema com N eléctrodos em paralelo é calculado pela expressão (5).

$$R_i = R_{ii} + \sum_{j=1, j \neq i}^N R_{ij} \quad (5)$$

Em que,

$R_i$  – resistência total do eléctrodo  $i$ ;

$R_{ij}$  – resistência individual de cada eléctrodo, sem a adição das interferências provocados pelos restantes eléctrodos, calculado pela expressão (3);

$N$  – número de eléctrodos em paralelo;

$R_{ij}$  – resistência provocada pela interferência dos restantes eléctrodos em paralelo  $j$ , calculado pela expressão (6);

$$R_{ij} = \frac{\rho_a}{4\pi\ell} \ln \left[ \frac{(b_{ij} + \ell)^2 - a_{ij}^2}{a_{ij}^2 - (b_{ij} - \ell)^2} \right] \quad (6)$$

Onde,

$a_{ij}$  – Distancia entre o eléctrodo  $i$  e  $j$ ;

$\ell$  – Comprimento do eléctrodo;

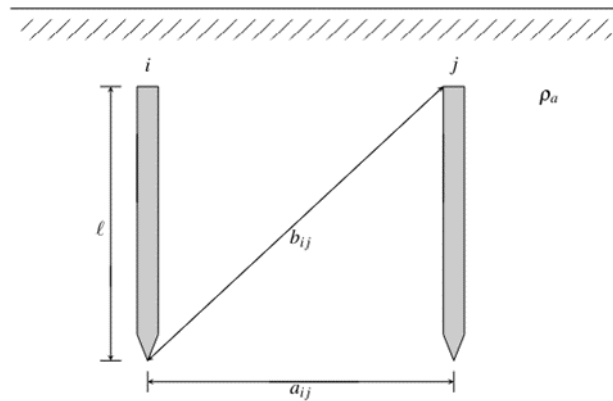


Figura 14: Distâncias necessárias para o cálculo de  $R_i$  (Fonte: Coelho, 2015)

Na figura 14, apresentam-se todas as medidas necessárias para o cálculo da resistência de terra total de cada eléctrodo, ou seja, já com as interferências que aumentam a resistência de cada eléctrodo. Note-se que  $b_{ij}$  resulta da aplicação do teorema de Pitágoras como indica a expressão (7).

$$b_{ij} = \sqrt{\ell^2 + a_{ij}^2} \quad (7)$$

## Método 2

Segundo (Coelho 2015), as interferências entre os eléctrodos paralelos são calculadas com base na expressão (8). Contudo, importa referir que esta expressão apenas se aplica a casos em que o espaçamento entre eléctrodos  $a_{ij}$  é maior que o comprimento dos eléctrodos  $\ell$ .

$$R_{ij} = \frac{\rho_a}{2\pi a_{ij}^2} \left[ 1 - \frac{\ell^2}{3a_{ij}^2} \right] \Omega, a \geq \ell \quad (8)$$

Assim sendo, a resistência total de um eléctrodo  $R_i$  é calculada segundo a expressão (5), em que  $R_{ij}$  é determinado pela fórmula (4), ao contrário do *Método 1*.

Posto isto, para ambos os métodos já apresentados, ou seja, *Método 1* e *Método 2*, já com as resistências individuais de cada eléctrodo  $R_i$  calculadas, a resistência equivalente de um sistema com  $N$  eléctrodos em paralelo será determinada pela agregação das resistências em paralelo em uma única resistência, como representa a figura 15.

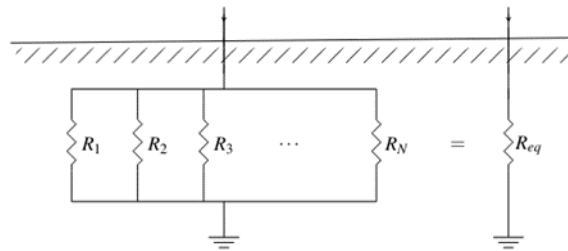


Figura 15: Agregação das resistências em paralelo (Fonte: Coelho, 2015)

Portanto, analisando a figura 15, para um sistema de terras com  $N$  eléctrodos em paralelo, temos tantas equações quanto o número de eléctrodos de terra. Logo, as equações a resolver estão especificadas na equação (9).

$$R_1 = R_{11} + R_{12} + R_{13} + \dots + R_{1N} \quad (9)$$

$$R_2 = R_{21} + R_{22} + R_{23} + \dots + R_{2N} \quad (10)$$

$$R_N = R_{N1} + R_{N2} + R_{N3} + \dots + R_{NN} \quad (11)$$

Por fim calcula-se a resistência equivalente  $R_{eq}$  resultante do paralelo das resistências do sistema de terras, como indicam as equações (12) e (13).

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_N} \quad (12)$$

$$R_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_N}} = \frac{1}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{R_i}} \quad (13)$$

### Método 3

Em (Coelho, 2015), é apresentada uma outra alternativa de cálculo para um sistema com  $N$  eléctrodos em paralelo. Ao contrário dos métodos anteriores, este método oferece uma expressão de cálculo geral, sendo bastante simples determinar a resistência total do sistema de terras. Assim sendo, o cálculo é efectuado recorrendo à equação (14).

$$R_{eq} = \frac{R_{eléctrodo} \times F}{N} \quad (14)$$

Em que,

$$F \approx 0,377527 \times \ln(N) + 0,89057 \quad (15)$$

Onde,

$R_{eléctrodo}$  – Resistência individual de cada eléctrodo calculado pela expressão (4);

$N$  – número de eléctrodos que compõe o sistema de terras;

Salienta-se o facto de este método não necessitar do espaçamento entre eléctrodos para o cálculo da resistência de terra, tornando-o num método menos preciso. Porém, este método é bastante válido para situações em que o espaçamento entre eléctrodos seja semelhante ao comprimento dos mesmos.

### 2.8. Sistema tarifário de venda de energia eléctrica

O sistema tarifário de venda de energia eléctrica em vigor para os clientes da concessionária é o definido pelo Decreto-lei nº 29/2003, em anexo 5. Este sistema será utilizado, no presente trabalho.

## CAPITULO III – ANÁLISE E DESCRIÇÃO DA INSTALAÇÃO ELÉCTRICA

### 3.1. Descrição da instalação eléctrica

1. As instalações da Marin Trading localizadas na Av<sup>a</sup> das FPLM, 1322 têm sido abastecidas de energia por intermédio do Posto de transformação e seccionamento privativo nº 365, em alvenaria, com uma capacidade actual de transformação de 1250 KVA que outrora servia a Fábrica de Yougurts da Danone, já desmantelada. A actual satisfação das necessidades de potência eléctrica do Complexo, constituído por Armazém, Escritórios e duas Câmaras frigoríficas.
2. Há ausência de um grupo gerador na instalação eléctrica.
3. A energia eléctrica é fornecida por quadro de baixa tensão montado no próprio Posto de transformação (Quadro Geral – QGBT/PT) está sobredimensionado e possui 3 saídas. Conforme o apêndice 3.
4. O quadro do edifício é o principal e está mal dimensionado, pelo mereça especial atenção.

### 3.2. Análise das instalações

No essencial as instalações em apreciação apresentam-se conforme o sistema de alimentação do diagrama apresentado a seguir.

O levantamento de cada um dos quadros permitiu identificar os diferentes circuitos e a sua protecção, sem contudo detalhar os traçados dos mesmos.

À excepção do quadro parcial localizado no Hall – 1º Andar, os circuitos de cada quadro não estão identificados, e os correspondentes esquemas unifilares não estão disponíveis, denotando que a execução/adaptação/actualização da instalação eléctrica, ao longo do tempo, terá sido efectuada com baixo critério de qualidade e sem Projecto.

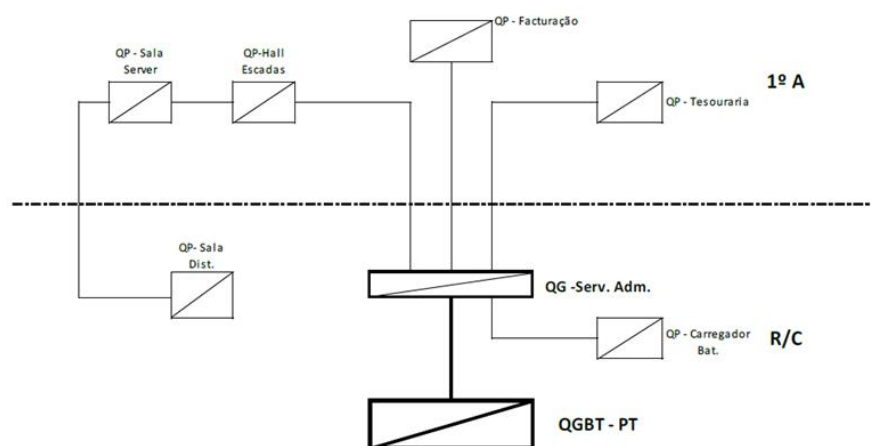


Figura 16: Configuração da instalação eléctrica (Fonte: Autor)

### 3.3. Estimativa actual de cargas

As cargas eléctricas instaladas estão distribuídas, em todo o Complexo, através do actual quadro geral QGBT, localizado no Posto de Transformação e, a partir deste, pelos diferentes quadros de distribuição existentes.

*Tabela 1: Tabela do consumo de energia com o transformador de 1250 KVA (Fonte: O Autor)*

| MESES                                                                                                                                                                                                                                                                                            | CONSUMOS - LADO B.T |              |                  |              |              | CONSUMOS - LADO M.T |              |                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|--------------|------------------|--------------|--------------|---------------------|--------------|------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Wa                  | PT           | Wr               | $\phi^\circ$ | Cos $\phi$   | WaPf                | PTP          | WrPf             |
| JUL. /20                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 14000,00            | 52,40        | 28000,00         | 63,45        | 0,447        | 14981,08            | 52,40        | 17500,00         |
| AGO. /20                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 12000,00            | 49,20        | 28000,00         | 66,8         | 0,394        | 12961,08            | 49,20        | 19000,00         |
| SET. /20                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 14000,00            | 50,80        | 28000,00         | 63,45        | 0,447        | 14981,08            | 50,80        | 17500,00         |
| OUT. /20                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 14000,00            | 52,20        | 30000,00         | 64,98        | 0,423        | 14981,08            | 52,20        | 19500,00         |
| NOV. /20                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 16000,00            | 53,80        | 28000,00         | 60,3         | 0,496        | 17001,08            | 53,80        | 16000,00         |
| DEZ. /21                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                     |              |                  |              |              |                     |              |                  |
| JAN. /21                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 20000,00            | 54,80        | 34000,00         | 59,53        | 0,507        | 21041,08            | 54,80        | 19000,00         |
| FEV. /21                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 14000,00            | 54,20        | 26000,00         | 61,7         | 0,474        | 14981,08            | 54,20        | 15500,00         |
| MAR. /21                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 18000,00            | 67,80        | 30000,00         | 59,04        | 0,514        | 19021,08            | 67,80        | 16500,00         |
| ABRI. /21                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 16000,00            | 62,40        | 30000,00         | 61,93        | 0,47         | 17001,08            | 62,40        | 18000,00         |
| MAI. /21                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 16000,00            | 54,20        | 30000,00         | 61,93        | 0,47         | 17001,08            | 54,20        | 18000,00         |
| JUN. /21                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                     |              |                  |              |              |                     |              |                  |
| <b>TOTAL</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <b>154000,00</b>    | <b>55,18</b> | <b>292000,00</b> | <b>60,68</b> | <b>0,464</b> | <b>163950,78</b>    | <b>55,18</b> | <b>176500,00</b> |
| Wa - Energia activa mensal no lado B.T<br>PT - Ponta tomada ( lado B.T ); PTP - Ponta tomada referida ao primário<br>Wr - Energia reactiva mensal no lado da B.T<br>WaP - Energia activa mensal referida ao primário<br>WrPf - Energia reactiva excedente mensal referida ao primário a facturar |                     |              |                  |              |              |                     |              |                  |

Estes valores dos consumos foram colectados das facturas de consumo de energia em anexo 2.

$$S_c = \frac{P_c}{\cos \theta} = \frac{67,8}{0,514} \quad (16)$$

$$S_c \approx 132 \text{ KVA}$$

A potência total instalada é da ordem dos 132 KVA.

### 3.3.1. Execução das instalações

As informações e dados recolhidos durante o levantamento das instalações permitiram constatar, de forma geral, que esta instalação foi sendo adaptada ao longo do tempo de qualquer maneira forma e sem projecto, resultando daí que os vários circuitos estabelecidos, a partir dos quadros se apresentem deficientemente concebidos e dimensionados em termos eléctricos. As Instalações eléctricas executadas são do tipo misto (à vista, recorrendo, por vezes, a calhas técnicas, e encastradas nas alvenarias em tubagem PVC).

As principais deficiências/anomalias detectadas são a seguir mencionadas:

1. Os quadros QG–Serv. Adm., QP-Fact, QP-Tes, QP-Server e QP-Dist., não dispõem, na contra-porta, o seu esquema unifilar nem a etiquetização dos vários circuitos, conforme regulamentarmente exigido.
2. O QP – Hall 1ºAndar está etiquetado mas não dispõe de esquema unifilar. O condutor de alimentação cinzento apresenta o isolamento ferido, junto ao disjuntor de entrada, expondo o cobre no seu interior.
3. O circuito de iluminação do Armazém maior que é estabelecido a partir do QG–Serv. Adm, suporta 36 armaduras equipadas com lâmpadas fluorescentes duplas de 58 W, num único circuito, sobrecarregando a fase correspondente com cerca de 21 A (apesar de algumas armaduras terem sido substituídas por equivalentes LED). Além disso, para reduzir o impacto no arranque simultâneo desta iluminação, foram introduzidos 2 contactores (40 A) em série comandados por interruptores de pressão, Os contactores estavam montados no QP-Tes., e as respectivas bobinas comandadas no mesmo circuito de alimentação das lâmpadas e na mesma protecção, o que constitui uma má prática de instalação. No decurso do levantamento a equipa técnica aproveitou para eliminar um dos contactores por ser desnecessário manter os dois, mas considera importante distribuir esta carga pelas três fases e melhorar o sistema de comando adequadamente.
4. Comprovou-se o desbalanceamento de cargas nas três fases. A Equipa técnica aproveitou a oportunidade para melhorar este desbalanceamento, trocando alguns circuitos entre si, no QG–Serv. Adm. Apesar disso, mesmo com 3 aparelhos de AC desligados na fase L1 e desligada a iluminação do Armazém grande, na mesma fase, as corrente medidas eram: L1 = 61 A; L2 = 29 A e L3 =

38 A. Portanto o balanceamento das cargas nas 3 fases continua a ser uma necessidade a ter em conta.



*Figura 17: Desequilíbrio de fases (Fonte: O Autor)*

5. Acredita – se que, ao longo do tempo, foram sendo acrescentados equipamentos na instalação sem avaliação dimensional a nível das cargas em jogo e sua distribuição pelas fases. Os Serviços Administrativos possuem hoje, entre as suas cargas mais pesadas, 13 aparelhos de ar condicionado, uma bomba de água, uma bomba de pressão, etc. Estas cargas, conjugadas com a sua má distribuição pelas fases são as maiores responsáveis pelos frequentes disparos da protecção localizada no QGBT-PT (Disjuntor diferencial de 63 A).
6. A protecção diferencial, sobretudo nos circuitos mais acessíveis ao utilizador, é bastante negligenciada na instalação em apreciação, pelo que achamos importante considerar esta protecção nos diferentes quadros da instalação.
7. A protecção contra sobretensões de origem atmosférica e/ou industrial veiculadas na rede também não está contemplada na instalação, sendo conveniente a sua consideração face ao risco deste tipo de sobretensões.
8. As medições da resistência de contacto da terra de protecção localizada junto ao QG – Serv. Adm, indicaram um valor mínimo de **335  $\Omega$** , mostrando-se assim extremamente impedante e anti-regulamentar. Este problema deverá merecer atenção especial, tendo em conta também a protecção das pessoas e dos equipamentos.

## CAPITULO IV - PROPOSTA DE SOLUÇÕES DE MELHORIA DAS INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

A avaliação que se segue tem que esta empresa, possuía um transformador de 250 KVA. Para alcançar-se uma maior eficiência da instalação e consequente redução das facturações mensais de energia, com base na aplicação dos sistema de venda de energia eléctrica em vigor em Moçambique, publicado pelo Decreto Lei nº 29/2003 de 23 de Junho, que se anexo 1.

Tabela 2: Tabela de consumo de energia com o transformador 250 KVA (Fonte: O Autor)

| MESES                                                                                                                                                                                                                                                                                             | CONSUMOS - LADO B.T |              |                  |              |             | CONSUMOS - LADO M.T |              |                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|--------------|------------------|--------------|-------------|---------------------|--------------|-----------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Wa                  | PT           | Wr               | $\phi^\circ$ | Cos $\phi$  | WaPf                | PTP          | WrPf            |
| JUL. /20                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 14000,00            | 52,40        | 16219,00         | 49,2         | 0,653       | 14639,89            | 52,40        | 5719,00         |
| AGO. /20                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 12000,00            | 49,20        | 14180,00         | 49,76        | 0,646       | 12619,89            | 49,20        | 5180,00         |
| SET. /20                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 14000,00            | 50,80        | 16369,00         | 49,46        | 0,65        | 14639,89            | 50,80        | 5869,00         |
| OUT. /20                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 14000,00            | 52,20        | 16219,00         | 49,2         | 0,653       | 14639,89            | 52,20        | 5719,00         |
| NOV. /20                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 16000,00            | 53,80        | 18406,00         | 49           | 0,656       | 16659,89            | 53,80        | 6406,00         |
| DEZ. /21                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                     |              |                  |              |             |                     |              |                 |
| JAN. /21                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 20000,00            | 54,80        | 22846,00         | 48,8         | 0,659       | 20699,89            | 54,80        | 7846,00         |
| FEV. /21                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 14000,00            | 54,20        | 16059,00         | 48,92        | 0,657       | 14639,89            | 54,20        | 5559,00         |
| MAR. /21                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 18000,00            | 67,80        | 19034,00         | 46,6         | 0,687       | 18679,89            | 67,80        | 5534,00         |
| ABRI. /21                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 16000,00            | 62,40        | 17461,00         | 47,5         | 0,676       | 16659,89            | 62,40        | 5461,00         |
| MAIO. /21                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 16000,00            | 54,20        | 18354,00         | 48,92        | 0,657       | 16659,89            | 54,20        | 6354,00         |
| JUNH. /21                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                     |              |                  |              |             |                     |              |                 |
| <b>TOTAL</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>154000,00</b>    | <b>55,18</b> | <b>175147,00</b> | <b>48,67</b> | <b>0,66</b> | <b>160538,89</b>    | <b>55,18</b> | <b>59647,00</b> |
| Wa - Energia activa mensal no lado B.T<br>PT - Ponta tomada ( lado B.T ) ; PTP - Ponta tomada referida ao primário<br>Wr - Energia reactiva mensal no lado da B.T<br>WaP - Energia activa mensal referida ao primário<br>WrPf - Energia reactiva excedente mensal referida ao primário a facturar |                     |              |                  |              |             |                     |              |                 |

### 4.1. Definição da potência do transformador

Em função de um período de seis horas cheias do diagrama diário de cargas e de um coeficiente de preenchimento do gráfico correspondente de 75%, pode admitir-se um coeficiente de sobrecarga admissível  $K_{scadm} = 1,12$ .

Nestas condições a potência nominal do transformador deveria ser:

$$S_{nT} = \frac{S_c}{K_{scadm}} = \frac{130}{1,12} \quad (17)$$

$$S_{nT} = 116, 071 \text{ KVA}$$

Pelo facto de o proprietário da instalação em estudo ter disponível um transformador de 250 KVA, e para prevenir eventuais aumentos de carga, a qualidade de tensão nos processos de arranque dos motores das câmaras frigoríficas e respeitar valores standardizados, definiremos uma potência nominal de transformação de 250 KVA, sendo então o coeficiente de sobrecarga:

$$K_{sc} = 0,288 < 1,12 \quad (18)$$

### **Painel de medida**

O Posto de Transformação dispõe, a nível de MT, de cela de contagem com um painel de medida equipado com:

- 1 (um) transformador de tensão 11000/110V – 200 VA – classe 1;
- 2 (dois) transformadores de intensidade 100/5 A – classe 1;
- 1 (um) contador de energia activa com indicador de ponta;

### **Novo transformador**

O novo Transformador de potência trifásico, imerso em óleo, do tipo hermético, terá com as seguintes características:

|                      |                  |
|----------------------|------------------|
| - Potência:          | 250 KVA          |
| - Tensão primária:   | 11 Kv $\pm$ 2,5% |
| - Tensão secundária: | 3 x 400/231 V    |
| - Frequência:        | 50 Hz            |
| - Grupo de ligação:  | DYn - 5          |
| - Arrefecimento:     | Natural          |
| - Comutação:         | Em vazio         |

#### **4.2. Novo quadro de entrada QGBT**

O novo QGBT conforme o apêndice 2 localizado no PTP será do tipo armário em pedestal, da classe I de Isolamento, para montagem interior mas com IP  $\geq$  55, devidamente certificado, e deverá possuir as seguintes dimensões aproximadas:

Largura : 1500 mm

Profundidade : 400 mm

altura : 1800 mm

Este deverá ser executado em chapa de aço de 2,5 mm de espessura, tratada com pintura electro rética por imersão, com acabamento externo por pintura electrostática a pó, do tipo texturado e associado a um sistema de uniões de canto, que proporcione uma construção com elevada robustez.

O quadro será dividido nos seguintes compartimentos ou unidades funcionais:

Unidades funcionais fixas

Barramentos (conforme respectivo esquema unifilar)

Compartimentos de cabos

Aparelhagem de medida, protecção, sinalização

#### **Características gerais**

Tensão 400 V - 50 Hz

Barramentos III+N calibre 400 A

Corrente de curta duração admissível  $\geq$  25 kA ef.

Grau de protecção  $\geq$  IP55

#### **Composição**

Conforme esquema geral unifilar

### **Compartimento de chegada**

1 inversor rede-grupo automático e motorizado 4 x 400 A e respectivo UA

1 Disjuntor tripolar 4 x 400 A

2 Saídas de reserva

1 Descarregador de sobretensões tipo 2, PRD 40 KA e disjuntor associado 4 x 40 A, C60.

### **Barramento Principal**

2 x 3 sinalizadores luminosos de fases (vermelho, verde e amarelo )

Protecções fusíveis indicadas

1 Disjuntor tripolar 3 x 160 A

1 Disjuntor tripolar 3 x 63 A

1 Disjuntor monof. 1 x 40 A

1 Disjuntor monof. 1 x 16 A

1 Disjuntor monof. 1 x 10 A

### **Eléctrodos de terra**

Os eléctrodos de terra de protecção e de serviço serão os existentes. Os condutores que unem os eléctrodos ao condutor de terra devem fixar-se por aperto mecânico, por forma a assegurar a todo o momento a boa condutibilidade eléctrica, mesmo em condições de solicitações mecânicas originadas por eventuais movimentos do terreno durante o seu assentamento.

### **Dimensionamento de grupo gerador**

- Tomando em consideração a potência total consumida pela instalação eléctrica 67,8 KW;
- O grupo gerador tem um factor de potência de 0,8 (valor para todos os alternadores).

$$S_{GG3\phi} = \frac{P_{T3\phi}}{\cos \phi} = \frac{67,8}{0,8} = 84,75 \text{ KVA} \quad (19)$$

#### 4.3. Equilíbrio das fases do QGBT

Distribuição das carga pelas três fases e melhoramento o sistema de comando adequadamente. Conforme os esquemas de comando e QG – Serv. Adm no anexo 1.

#### 4.4. Dimensionamento de protecção contra contactos directos e indirectos

- 1- Escolha e selecção da protecção diferencial para os diferentes quadros da instalação. Conforme o QG–Serv. Adm no apêndice 2.

Tabela 3: Valores máximos das resistências do eléctrodo de terra em função da corrente diferencial estipulada (Fonte: RTIEBT)

| Corrente diferencial estipulada máxima do dispositivo diferencial ( $I_{\Delta n}$ ) |        | Valor máximo da resistência do eléctrodo de terra das massas ( $\Omega$ ) |
|--------------------------------------------------------------------------------------|--------|---------------------------------------------------------------------------|
| Baixa sensibilidade                                                                  | 20 A   | 2,5                                                                       |
|                                                                                      | 10 A   | 5                                                                         |
|                                                                                      | 5 A    | 10                                                                        |
|                                                                                      | 3 A    | 16,5                                                                      |
|                                                                                      | 1 A    | 50                                                                        |
| Média sensibilidade                                                                  | 500 mA | 100                                                                       |
|                                                                                      | 300 mA | 166                                                                       |
|                                                                                      | 100 mA | 500                                                                       |
| Alta sensibilidade                                                                   | 30 mA  | 1 665                                                                     |
|                                                                                      | 12 mA  | 4 165                                                                     |
|                                                                                      | 6 mA   | 8 330                                                                     |

**Nota:** Tendo em conta que a resistência de terra do sistema de terra independente, isto é, constituído por um eléctrodo com 335  $\Omega$ , é necessário escolher-se interruptores diferenciais conforme este valor. Logo o disjuntor mais indicado é de 300 mA.

- 2- Escolha e selecção de descarregador de sobretensão para o QG–Serv. Adm. Conforme o QG–Serv. Adm Apêndice 6.

- a)  $U_c \geq 1,1xU_o$ , Para os DST ligados segundo o esquema TN ou o esquema TT. [Alinea a) do 534.2.3.1 do RTIEBT]

$$U_c \geq 1,1xU_o \quad (20)$$

Onde:

$U_c$  – Tensão máxima, em regime permanente.

$U_o$  – é a tensão entre fase e neutro da instalação eléctrica de baixa tensão.

A tensão de descarga será dada por:  $U_d = 1,1 \times U = 1,1 \times 230 = 253V$ .

A classe de protecção será de classe II e  $I_N = 20kA$ ;  $I_{max} = 40kA$ .

- b) Os descarregadores de sobretensões e os seus dispositivos em série devem suportar, sem perigo, as sobretensões temporárias susceptíveis de ocorrerem na instalação. [534.2.3.2 do RTIEBT].

Tabela 4: Níveis de referência das sobretensões transitórias na origem da instalação (Fonte: RTIEBT)

| Tensão nominal da instalação <sup>(1)</sup><br>(V) |                   | Nível de referência das sobretensões transitórias na<br>origem da instalação (categoria de sobretensões IV)<br>(kV) |
|----------------------------------------------------|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Redes trifásicas                                   | Redes monofásicas |                                                                                                                     |
| -                                                  | 120/240           | 4                                                                                                                   |
| 230/400                                            | -                 | 6 <sup>(2)</sup>                                                                                                    |
| 277/480 <sup>(3)</sup>                             | -                 | 6 <sup>(2)</sup>                                                                                                    |
| 400/690                                            | -                 | 8                                                                                                                   |
| 1 000                                              | -                 | 12                                                                                                                  |

(1) - Estes valores estão de acordo com a Norma HD 472. Para outros valores, veja-se o Anexo IV  
(2) - Para alimentação em triângulo com uma fase à terra veja-se o Anexo IV.  
(3) - Este valor de tensão não deve ser usado conjuntamente com os valores 230/400 V ou 400/690 V.

Sendo a rede trifásica de 230/400 o descarregador escolhido deve suportar sobretensões transitórias 6 kV, conforme a tabela acima.

c) Quando os descarregadores de sobretensões forem instalados na origem da uma Instalação alimentada pela rede de distribuição (pública) de baixa tensão, a sua

**Nota:** o descarregador escolhido é de 8 kA.

#### 4.5. Redução da resistência de terra

- A instalação eléctrica possui um sistema de terra independente e que contém um valor de resistência de terra de 335  $\Omega$ .
- A terra de protecção do PT é de 5,56  $\Omega$ .
- Os cálculos que se seguem, referem-se ao dimensionamento do esquema de terra do tipo TN para o grupo gerador. Para se reduzir o elevado valor da resistência de terra do edifício colocou-se num mesmo barramento de terra, a terra de protecção do PT que está no esquema TT, a do edifício e a do grupo gerador.

#### Dimensionamento do sistema de Terra TN para o Grupo Gerador

1º Passo: Cálculo da resistência de terra para cada eléctrodo  $R_{ii}=R_{eléctrodo}$ .

$$R_{eléctrodo} = \frac{\rho_a}{2\pi\ell} \ln\left(\frac{4\ell}{d}\right) = 27,742 \Omega \quad (21)$$

$$R_{ii} = R_{11} = R_{22} = R_{33} = R_{44} = R_{55} = R_{66} = 27,742 \Omega \quad (22)$$

2º Passo: Cálculo da distância diagonal entre eléctrodos  $b_{ij}$ .

$$b_{ij} = \sqrt{\ell^2 + a_{ij}^2} = 8,944 \Omega \quad (23)$$

3º Passo: – Cálculo da resistência provocada pela interferência dos restantes eléctrodos em paralelo cada eléctrodo.

$$R_{ij} = \frac{\rho_a}{2\pi a_{ij}^2} \left[ 1 - \frac{\ell^2}{3a_{ij}^2} \right] \quad (24)$$

Para o eléctrodo 1

$$R_{12} = 0,227 \, \Omega; R_{13} = 0,0608 \, \Omega; R_{14} = 0,0274 \, \Omega; R_{15} = 0,0155 \, \Omega; R_{16} = 9,91 \times 10^{-3} \, \Omega \quad (25)$$

Para o eléctrodo 2

$$R_{21} = 0,227 \, \Omega; R_{23} = 0,227 \, \Omega; R_{24} = 0,0608 \, \Omega; R_{25} = 0,0274 \, \Omega; R_{26} = 0,0155 \, \Omega. \quad (26)$$

Para o eléctrodo 3

$$R_{31} = 0,0608 \, \Omega; R_{32} = 0,227 \, \Omega; R_{34} = 0,227 \, \Omega; R_{35} = 0,0608 \, \Omega; R_{36} = 0,0274 \, \Omega. \quad (27)$$

Para o eléctrodo 4

$$R_{41} = 0,0274 \, \Omega; R_{42} = 0,0608 \, \Omega; R_{43} = 0,227 \, \Omega; R_{45} = 0,227 \, \Omega; R_{46} = 0,0608 \, \Omega. \quad (28)$$

Para o eléctrodo 5

$$R_{51} = 0,0155 \, \Omega; R_{52} = 0,0274 \, \Omega; R_{53} = 0,0608 \, \Omega; R_{54} = 0,227 \, \Omega; R_{56} = 0,227 \, \Omega. \quad (29)$$

Para o eléctrodo 6

$$R_{61} = 9,91 \times 10^{-3} \, \Omega; R_{62} = 0,0608 \, \Omega; R_{63} = 0,0274 \, \Omega; R_{64} = 0,0155 \, \Omega; R_{65} = 0,0608 \, \Omega. \quad (30)$$

4º Passo: Cálculo resistência total do eléctrodo i

$$R_1 = R_{11} + R_{12} + R_{13} + R_{14} + R_{15} + R_{16} = 28,082 \, \Omega \quad (31)$$

$$R_2 = R_{21} + R_{22} + R_{23} + R_{24} + R_{25} + R_{26} = 28,299 \, \Omega \quad (32)$$

$$R_3 = R_{31} + R_{32} + R_{33} + R_{34} + R_{35} + R_{36} = 28,345 \, \Omega \quad (33)$$

$$R_4 = R_{41} + R_{42} + R_{43} + R_{44} + R_{45} + R_{46} = 28,345 \, \Omega \quad (34)$$

$$R_5 = R_{51} + R_{52} + R_{53} + R_{54} + R_{55} + R_{56} = 28,299 \, \Omega \quad (35)$$

$$R_6 = R_{61} + R_{62} + R_{63} + R_{64} + R_{65} + R_{66} = 28,082 \, \Omega \quad (36)$$

5º Passo: Cálculo resistência equivalente

$$R_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_N}} = \frac{1}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{R_i}} = 4,7 \, \Omega \quad (37)$$

**Nota:** Quando o edifício estiver a receber corrente da rede ou do grupo gerador terá o seguinte valor da terra de protecção.

$$R_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{R_{TN}} + \frac{1}{R_{TE}} + \frac{1}{R_{TT}}} = 2.527 \, \Omega \quad (38)$$

## CAPITULO V - ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÓMICA DAS SOLUÇÕES PROPOSTAS

### Estimativa de custos

Tabela 5: Estimativa de custos (Fonte: O Autor)

| MATERIAL |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | UN | QTD | PREÇO UNITÁRIO (MZN) | TOTAL (MZN) |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-----|----------------------|-------------|
| #        | DESIGNAÇÃO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |    |     |                      |             |
| 1        | Quadro eléctrico novo QP-Serv. Adm., IP65, IK07, com porta e fechadura e espelho, do tipo saliente, cor bege ou cinzento, com circuitos equipados + Reservas não equipadas, com barramentos modulares L1, L2, L3, N para 90 A e 63 A (Legrand ou similar) + bloco terminal de terra. Dimensões máximas L=500 mm; P=200 mm A= 600 mm | un | 1   | 394915               | 394915      |
| 2        | QP-Hall 1ºA: disjuntor trifásico de 63A Icc=10kA                                                                                                                                                                                                                                                                                    | un | 1   | 8096,98              | 8096,98     |
| 3        | QP-Hall 1ºA: interruptor diferencial trifásico de 63 A/30 mA                                                                                                                                                                                                                                                                        | un | 2   | 7536,04              | 7536,05     |
| 4        | QP-Tes: interruptor diferencial trifásico de 40 A/30 mA                                                                                                                                                                                                                                                                             | un | 1   | 8096,98              | 8096,98     |
| 5        | QP-Server: interruptor diferencial trifásico de 40 A/30 mA                                                                                                                                                                                                                                                                          | un | 1   | 5853,87              | 5853,87     |
| 6        | QP-Fact.: interruptor diferencial trifásico de 63 A/30 mA                                                                                                                                                                                                                                                                           | un | 1   | 7536,04              | 7536,04     |
| 7        | Betoneira de emergência                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | un | 2   | 12423,39             | 12423,4     |
| 8        | Luminárias LED equivalentes a luminárias fluorescentes convencionais 2x58 W, IP 65, Ik 07- Considerado luminária modelo WPF LED IP66 1220mm 25-43W 3570-5910lm/840 OPAL da Villa Light ou equivalente                                                                                                                               | un | 15  | 5809,93              | 87148,95    |
| 9        | Cabo XV 5G2,5 e respectivas abraçadeiras de parede                                                                                                                                                                                                                                                                                  | m  | 50  | 209,48               | 10 474,0    |
| 10       | Cabo XV 3G2,5 e respectivas abraçadeiras de parede                                                                                                                                                                                                                                                                                  | m  | 60  | 143,26               | 8595,6      |
| 11       | Cabo XV2x1,5 mm2 e respectivas abraçadeiras de serrilha                                                                                                                                                                                                                                                                             | m  | 60  | 87,87                | 5272,2      |
| 12       | Caixa de derivação saliente, com tampa, 80x80x40 de 8 entradas                                                                                                                                                                                                                                                                      | un | 1   | 424,05               | 424,05      |
| 13       | Cabo XV3G4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | m  | 100 | 203,75               | 20 375,0    |
| 14       | Abraçadeiras de parede para cabo de 4 mm2                                                                                                                                                                                                                                                                                           | un | 120 | 79,59                | 9550,8      |
|          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |    |     | Total                | 555449,92   |

| MÃO-DE-OBRA                                                                                                                                      | PREÇO UNITÁRIO | TOTAL     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-----------|
| Etiquetar os circuitos específicos dos quadros eléctricos: Qp-Fact., QP-Tes.,e QP-Server                                                         | 24848,05       | 24848,05  |
| Desenhar os esquemas unifilares dos quadros eléctricos: Qp-Fact., QP-Tes.,e QP-Server para colocação na contra-porta destes quadros              | 13633,13       | 13633,14  |
| Reapertar todos os contactos mecânicos dos quadros eléctricos da instalação dos Serviços Adm. e encaixar os espelhos nas suas posições correctas | 13633,14       | 13633,15  |
| Substituição do QP-Serv. Adm. Existente pelo novo quadro                                                                                         | 30740,12       | 30740,12  |
| Etiquetar os circuitos específicos dos quadros eléctricos                                                                                        | 3408,28        | 3408,29   |
| Montagem das luminárias distribuídas por 3 fases comandadas por telerruptores e respectivo interruptor de comando (de pressão)                   | 7453,27        | 7453,28   |
| Balancear as cargas distribuindo-as pelas 3 fases nos quadros eléctricos                                                                         | 214,12         | 214,12    |
| Reapertar todos os contactos mecânicos dos quadros eléctricos da instalação dos Serviços Adm. e encaixar os espelhos nas suas posições correctas | 6815,93        | 6815,93   |
|                                                                                                                                                  | Total          | 100746,08 |

Tabela 6: Custos de energia com o transformador de 1250 KVA (Fonte: O Autor)

| CUSTOS DE ENERGIA                                                                                                                       |                   |                  |                 |                  |                |                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------|-----------------|------------------|----------------|-------------------|
| Cwa                                                                                                                                     | CPF               | CWre             | Taxa fixa       | IVA(17% de 62%)  | Taxa lixo      | TOTAL             |
| 71609,55                                                                                                                                | 102746,04         | 25042,50         | 3207,25         | 21354,60         | 150            | 224 109,95 MTn    |
| 61953,95                                                                                                                                | 101473,64         | 27189,00         | 3207,25         | 20429,03         | 150            | 214 402,88 MTn    |
| 71609,55                                                                                                                                | 102109,84         | 25042,50         | 3207,25         | 21287,55         | 150            | 223 406,69 MTn    |
| 71609,55                                                                                                                                | 102666,52         | 27904,50         | 3207,25         | 21647,88         | 150            | 227 185,69 MTn    |
| 81265,15                                                                                                                                | 103302,72         | 22896,00         | 3207,25         | 22204,74         | 150            | 233 025,85 MTn    |
| 0,00                                                                                                                                    |                   | 0,00             |                 |                  |                | 0,00 MTn          |
| 100576,35                                                                                                                               | 103700,34         | 27189,00         | 3207,25         | 24734,53         | 150            | 259 557,47 MTn    |
| 71609,55                                                                                                                                | 103461,76         | 22180,50         | 3207,25         | 21128,39         | 150            | 221 737,45 MTn    |
| 90920,75                                                                                                                                | 108869,45         | 23611,50         | 3207,25         | 23884,58         | 150            | 250 643,54 MTn    |
| 81265,15                                                                                                                                | 106722,28         | 25758,00         | 3207,25         | 22866,81         | 150            | 239 969,49 MTn    |
| 81265,15                                                                                                                                | 103461,76         | 25758,00         | 3207,25         | 22523,15         | 150            | 236 365,32 MTn    |
| 0,00                                                                                                                                    |                   | 0,00             |                 |                  |                | 0,00 MTn          |
| <b>783684,70</b>                                                                                                                        | <b>1038514,36</b> | <b>252571,50</b> | <b>32072,50</b> | <b>222061,26</b> | <b>1500,00</b> | <b>2330404,33</b> |
| Cwa - Custo de energia activa a facturar<br>CPF - Custo da potência a facturar<br>CWre - Custo da energia reactiva excedente a facturar |                   |                  |                 |                  |                |                   |

Tabela 7: Custos de energia com o transformador de 250 KVA (Fonte: O Autor)

| CUSTOS DE ENERGIA                                                                                                                                      |                  |                 |                 |                  |                |                   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|----------------|-------------------|
| Cwa                                                                                                                                                    | CPF              | CWre            | Taxa fixa       | VA(17% de 62%    | Taxa lixo      | TOTAL             |
| 69978,67                                                                                                                                               | 30776,10         | 8183,89         | 3207,25         | 11820,18         | 150            | 124 116,09 MTn    |
| 60323,07                                                                                                                                               | 29503,70         | 7412,58         | 3207,25         | 10587,07         | 150            | 111 183,67 MTn    |
| 69978,67                                                                                                                                               | 30139,90         | 8398,54         | 3207,25         | 11775,75         | 150            | 123 650,11 MTn    |
| 69978,67                                                                                                                                               | 30696,57         | 8183,89         | 3207,25         | 11811,80         | 150            | 124 028,18 MTn    |
| 79634,27                                                                                                                                               | 31332,77         | 9166,99         | 3207,25         | 13000,17         | 150            | 136 491,45 MTn    |
| 0,00                                                                                                                                                   |                  | 0,00            |                 |                  |                | 0,00 MTn          |
| 98945,47                                                                                                                                               | 31730,40         | 11227,63        | 3207,25         | 15294,67         | 150            | 160 555,41 MTn    |
| 69978,67                                                                                                                                               | 31491,82         | 7954,93         | 3207,25         | 11871,48         | 150            | 124 654,15 MTn    |
| 89289,87                                                                                                                                               | 36899,51         | 7919,15         | 3207,25         | 14473,08         | 150            | 151 938,87 MTn    |
| 79634,27                                                                                                                                               | 34752,34         | 7814,69         | 3207,25         | 13218,06         | 150            | 138 776,61 MTn    |
| 79634,27                                                                                                                                               | 31491,82         | 9092,57         | 3207,25         | 13009,09         | 150            | 136 585,01 MTn    |
| 0,00                                                                                                                                                   |                  | 0,00            |                 |                  |                | 0,00 MTn          |
| <b>767375,91</b>                                                                                                                                       | <b>318814,92</b> | <b>85354,86</b> | <b>32072,50</b> | <b>126861,36</b> | <b>1500,00</b> | <b>1331979,55</b> |
| <p>Cwa - Custo de energia activa a facturar</p> <p>CPF - Custo da potência a facturar</p> <p>CWre - Custo da energia reactiva excedente a facturar</p> |                  |                 |                 |                  |                |                   |

## **CAPITULO VI - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

### **Conclusões**

Realizada a análise da instalação eléctrica concluiu-se, que os quadros eléctricos que não estão etiquetados e sem esquemas dos circuitos, dificultam avaliação e diagnóstico de avarias na instalação eléctrica. E, deficiente dimensionamento, ou seja, ausência de dispositivos diferenciais e descarregador de sobretensões coloca em causa a segurança das pessoas, bens e a própria instalação eléctrica.

O estudo revela-se bastante relevante, pois apresenta uma visão mais ampla de como é feita a facturação de energia reactiva, e como a rede eléctrica, a concessionária, o consumidor de energia eléctrica e a instalação eléctrica se beneficiam com o aumento da confiabilidade e redução da facturação da energia reactiva.

Conseguiu-se equilibrar as fases mediante a distribuição das cargas nas três fases, reduziu-se a resistência de terra, dimensionou-se e seleccionou-se dispositivos para suprimir as correntes diferencias e evitar que as sobretensões de origem atmosférica danifiquem os aparelhos e equipamentos.

Realizada a medição da resistência de terra, conclui-se que esta é bastante elevada e constituída por um eléctrodo. Uma vez que, a resistência é directamente influenciada pela configuração dos eléctrodos, pelas próprias características dos eléctrodos e pela resistividade do solo. E sendo assim, o redimensionamento dos sistemas de terra é o mais viável.

## **Recomendações**

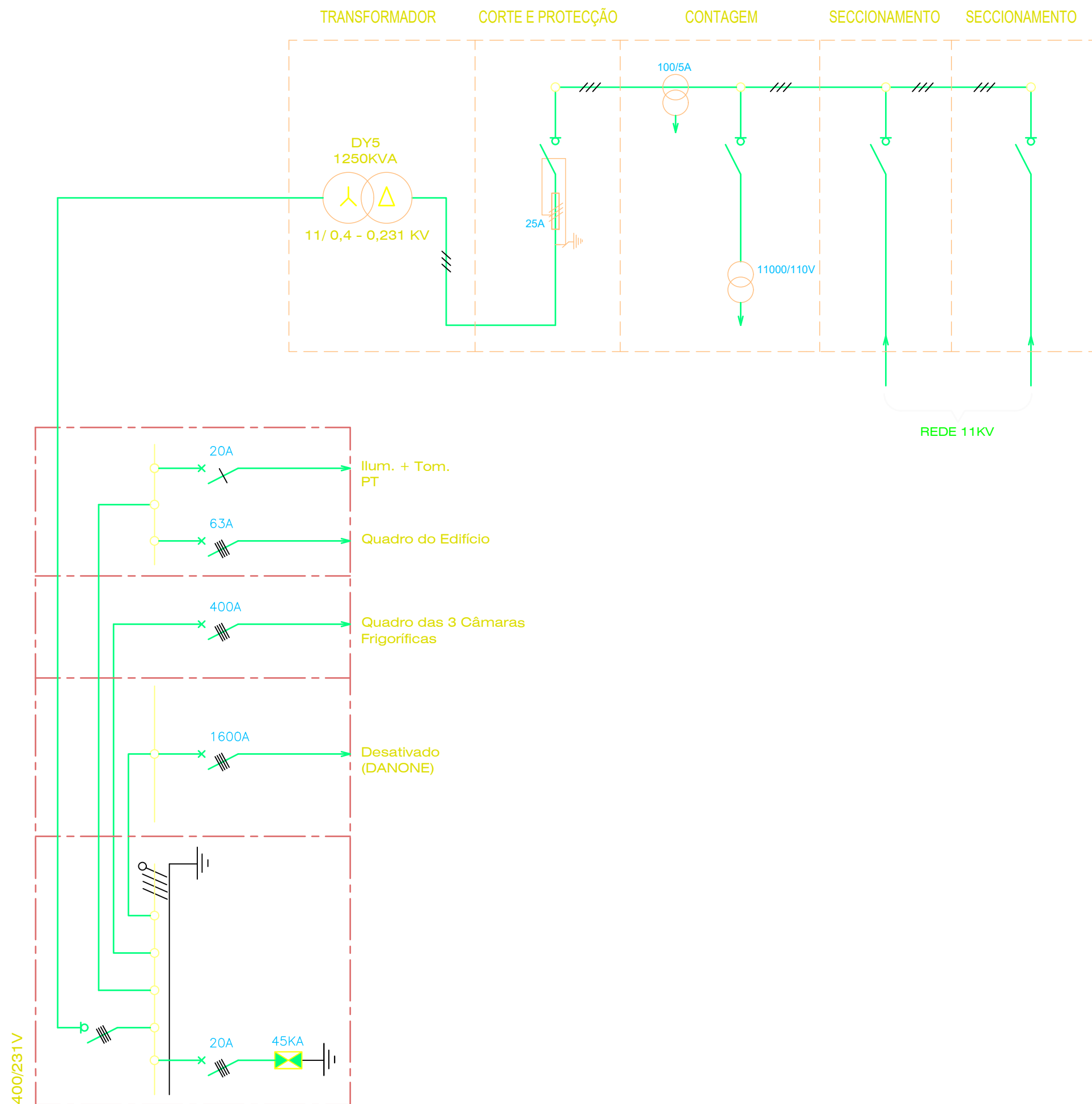
- Um sistema de terras por si só não protege pessoas e bens de uma instalação, Assim sendo, recomenda-se complementar a protecção de pessoas e a própria instalação com equipamentos de protecção diferencial;
- Recomenda-se o uso de telerruptores pois, os telerruptores te permitem controlar as luzes a partir de diferentes pontos e os telerruptores são particularmente úteis em áreas como corredores longos, neste caso um armazém, escadarias ou salas com múltiplas entradas;
- Recomenda-se o uso de descarregadores de sobretensão, de modo prevenir que que ocorra na instalação eléctrica um aumento de energia substancial que pode causar danos na instalação e nos equipamentos, podendo em alguns casos levar à destruição dos mesmo.

## Bibliografia

- [1] Decreto nº 29, 23 de Junho, “*Tarifário de Venda de Energia Eléctrica da Electricidade de Moçambique*” – Boletim da República I série, em 23 de Junho 2003, pp. 3-8.
- [2] G. Kindermann e J.M. Campagnolo. *Aterramento elétrico*. Porto Alegre: Sagra Luzzatto, 3ª edição, 1995.
- [3] HB Dwight. Calculation of resistances to ground. *Transactions of the American Institute of Electrical Engineers*, páginas 1319–1328, 1937.
- [4] IEEE Power Engineering Society. Substations Committee e IEEE-SA Standards Board. *Ieee guide for safety in ac substation grounding*. páginas 1–192, 2000.
- [5] J. Nahman e D. Salamon. A practical method for the interpretation of earth resistivity data obtained from driven rod tests. *Power Delivery, IEEE Transactions on*, 3(4):1375–1379, Oct 1988. doi:10.1109/61.193934.
- [6] Leonid Grcev e Marjan Popov. On high-frequency circuit equivalents of a vertical groundrod. *Power Delivery, IEEE Transactions on*, 20(2):1598–1603, 2005.
- [7] Leonid Grcev. Impulse efficiency of ground electrodes. *Power Delivery, IEEE Transactions on*, 24(1):441–451, 2009.
- [8] Lin Li, Vladimir Rakov, et al. Distribution of currents in the lightning protective system of a residential building—part ii: Numerical modeling. *Power Delivery, IEEE Transactions on*, 23(4):2447–2455, 2008.
- [9] Mauricio Valencia Ferreira Da Luz e Patrick Dular. Analytical and finite element modelling of grounding systems. Em *IX International Symposium on Lightning Protection*, páginas 375–379, 2007.
- [10] M. Abdel-Salam. *High-Voltage Engineering: Theory and Practice, Second Edition, Revised and Expanded*. Electrical and Computer Engineering. Taylor & Francis, 2000.
- [11] Roy B Carpenter Jr e Joseph A Lanzoni. *Designing for a low resistance earth interface (grounding)*. an LEC publication, revised July, 1997.
- [12] RSIUEE – “Regulamento de Segurança de Instalações de Utilização de Energia Eléctrica”, Direcção Geral de Energia (1974).
- [13] RTIEBT – “Regras Técnicas de Instalações Eléctricas de Baixa Tensão”, Direcção Geral de Energia (2005).
- [14] P. Simmons. *Electrical Grounding and Bonding*. Cengage Learning, 2014.
- [15] Indusmelec. Protecção diferencial, Janeiro 2014. Disponível em [https://www.indusmelec.pt/newsletter/09/Proteccao\\_Diferencial.pdf](https://www.indusmelec.pt/newsletter/09/Proteccao_Diferencial.pdf).
- [16] Indusmelec. Descarregadores de sobretensões, Janeiro 2015. Disponível em [https://www.indusmelec.pt/newsletter/16/Descarregadores\\_sobretensoes.pdf](https://www.indusmelec.pt/newsletter/16/Descarregadores_sobretensoes.pdf).

- [17] Indusmelec. Compensação de Factor de Potência, Julho 2014. Disponível em [https://www.indusmelec.pt/newsletter/04/compensacao\\_factor\\_potencia.pdf](https://www.indusmelec.pt/newsletter/04/compensacao_factor_potencia.pdf).
- [18] Norcontrol. Correção do Factor de Potência, 2016. Disponível em <https://norcontrol.pt/pt/go/fator-de-pot-ncia>

## **ANEXOS**



Legenda :

- Seccionador tripolar
- Seccionador fusível
- Transformador potência
- Disjuntor unipolar
- Disjuntor tetrapolar
- Seccionador tetrapolar
- Descarregador sobretensões
- Terra
- Transformador de medição

Projecto : **MARIN TRADING**  
Av. FPLM: Aumento da  
confiabilidade energética

Designação:  
**POSTO DE SECCIONAMENTO E  
TRANSFORMAÇÃO DE ALVENARIA  
EXISTENTE: ESQUEMA UNIFILAR  
ACTUAL**

Proprietário :  
**MARIN TRADING, LDA**

Localização :  
**Maputo - Av. FPLM, nº 1322**

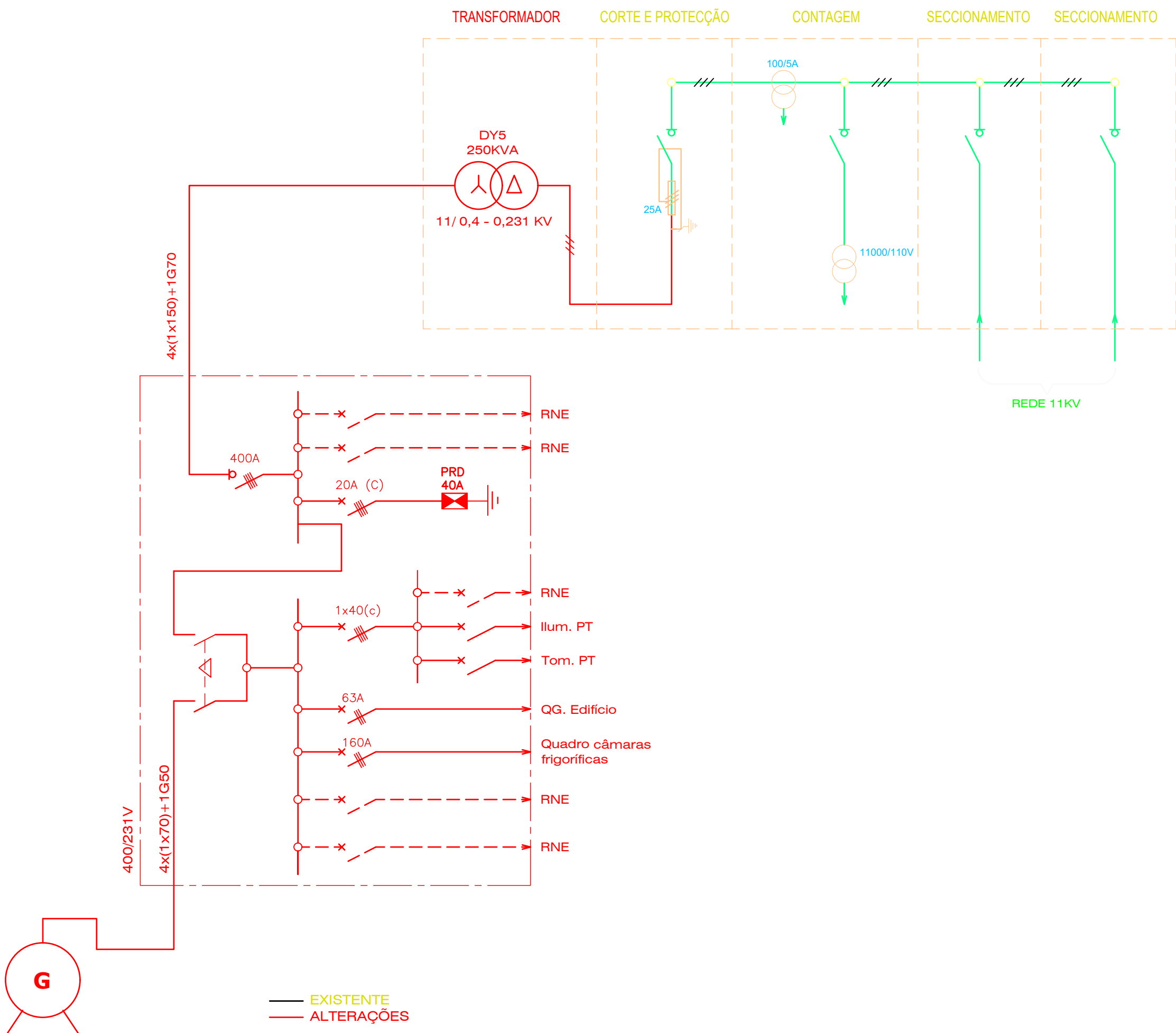
|            |                        |                    |
|------------|------------------------|--------------------|
| Projectou: | Engº Carlos Schwalbach | Substituição:<br>- |
| Desenhou:  | Víctor Madingue        |                    |
| Verificou: | Engº Carlos Schwalbach |                    |

| Piso     | Desenho nº |
|----------|------------|
| <b>0</b> | <b>01</b>  |

Especialidade:  
**ELECTRICIDADE**

**A1.1**

Moçambique - Maputo  
Escala: S:E  
Data: 16/08/2023



**Legenda :**

- Seccionador tripolar
- Seccionador fusível
- Transformador potência
- Disjuntor unipolar
- Disjuntor tetrapolar
- Seccionador tetrapolar
- Descarregador de sobretensões
- Terra
- Transformador de medição
- Grupo gerador
- ATS

Projecto : **MARIN TRADING**  
Av. FPLM: Aumento da confiabilidade energética

Designação:  
**POSTO DE SECCIONAMENTO E TRANSFORMAÇÃO DE ALVENARIA EXISTENTE: ESQUEMA UNIFILAR ALTERAÇÕES**

Proprietário :  
**MARIN TRADING, LDA**

Localização :  
**Maputo - Av. FPLM, nº 1322**

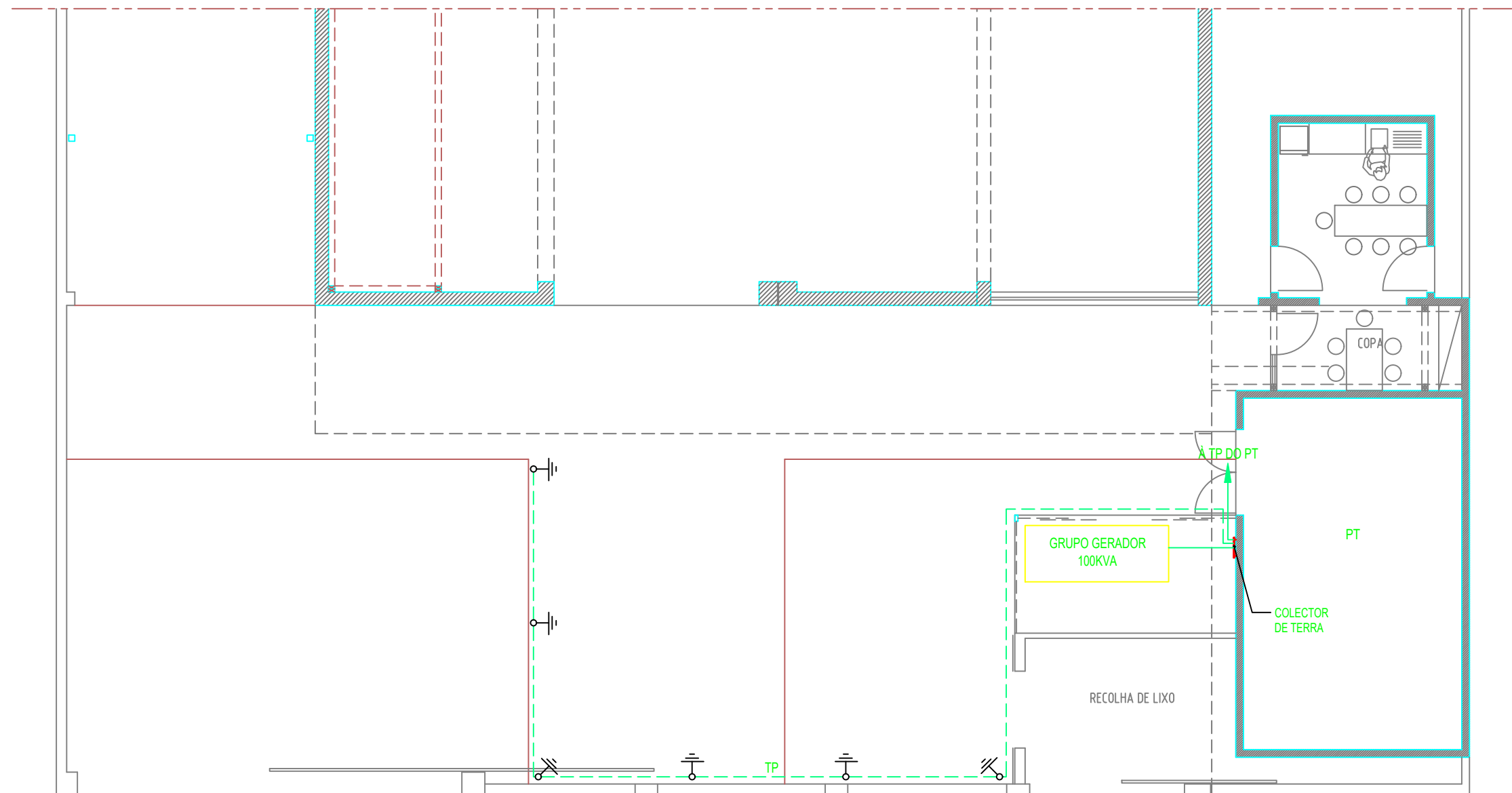
|            |                        |               |
|------------|------------------------|---------------|
| Projectou: | Carlos Muchanga        | Substituição: |
| Desenhou:  | Carlos Muchanga        | -             |
| Verificou: | Engº Carlos Schwalbach |               |

|          |            |
|----------|------------|
| Piso     | Desenho nº |
| <b>0</b> | <b>02</b>  |

Especialidade:  
**ELECTRICIDADE**

**A2.2**

|                     |                  |
|---------------------|------------------|
| Moçambique - Maputo | Escala: S:E      |
|                     | Data: 16/08/2023 |



IMPLANTAÇÃO  
ESC 1 : 100

Legenda :

Projecto : MARIN TRADING  
Av. FPLM: Aumento da  
confiabilidade energética

Designação:  
  
GRUPO GERADOR DE 100KVA:  
IMPLANTAÇÃO E ATERRAMENTOS

Proprietário :  
MARIN TRADING, LDA

Localização :  
Maputo - Av. FPLM, nº 1322

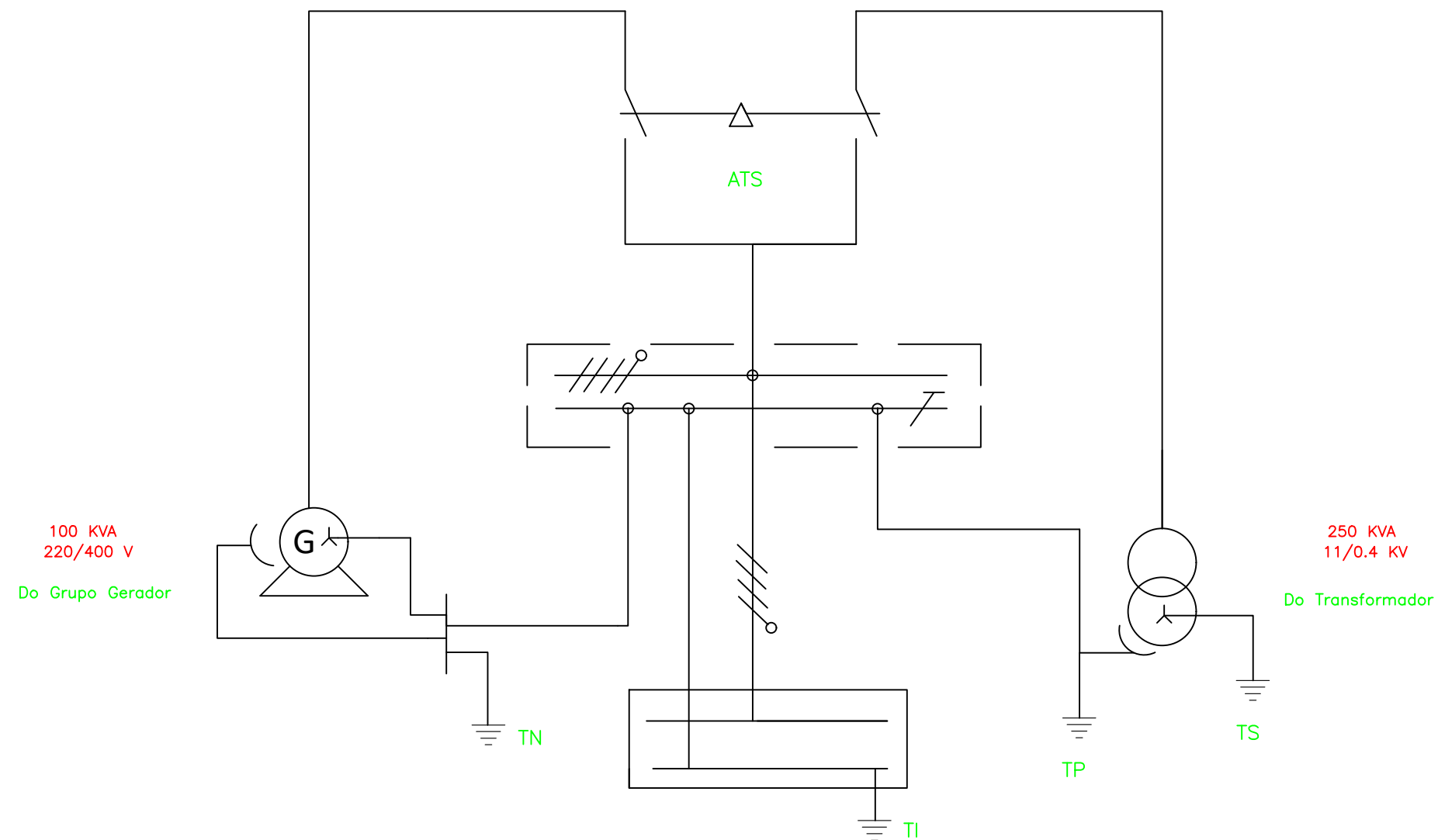
|            |                        |               |
|------------|------------------------|---------------|
| Projectou: | Carlos Muchanga        | Substituição: |
| Desenhou:  | Carlos Muchanga        | -             |
| Verificou: | Engº Carlos Schwalbach |               |

|      |            |
|------|------------|
| Piso | Desenho nº |
| 0    | 03         |

Especialidade:  
**ELECTRICIDADE**

A3.3

Moçambique - Maputo  
Escala: 1:100  
Data: 16/08/2023



Legenda :

Projecto : **MARIN TRADING**  
Av. FPLM: Aumento da  
confiabilidade energética

Designação:  
**ESQUEMA DA TRANSFERÊNCIA DE  
CARGA**

Proprietário :  
**MARIN TRADING, LDA**

Localização :  
**Maputo - Av. FPLM, nº 1322**

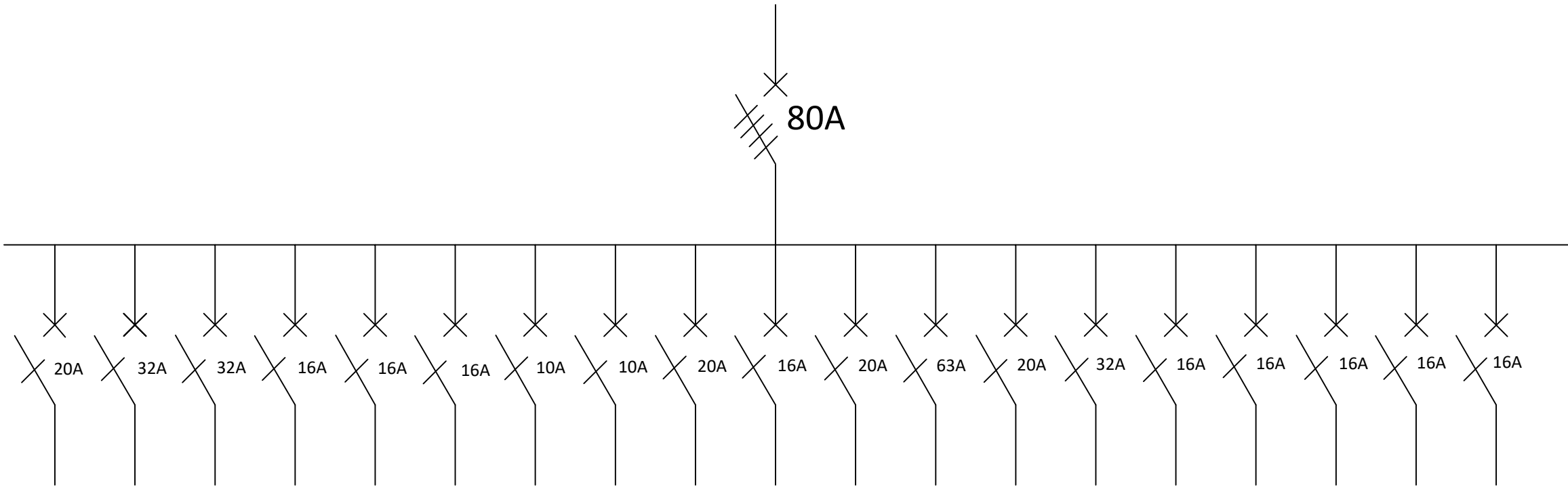
|            |                        |                    |
|------------|------------------------|--------------------|
| Projectou: | Carlos Muchanga        | Substituição:<br>- |
| Desenhou:  | Carlos Muchanga        |                    |
| Verificou: | Engº Carlos Schwalbach |                    |

|          |            |
|----------|------------|
| Piso     | Desenho nº |
| <b>0</b> | <b>04</b>  |

Especialidade:  
**ELECTRICIDADE**

**A4.4**

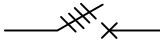
Moçambique - Maputo  
Escala: S:E  
Data: 16/08/2023



Legenda :



Disjuntor unipolar



Disjuntor tripolar

Projecto : MARIN TRADING  
Av. FPLM: Aumento da confiabilidade energética

Designação:  
ANTIGO QUADRO ELÉCTRICO GERAL DO EDIFÍCIO

Proprietário :  
MARIN TRADING, LDA

Localização :  
Maputo - Av. FPLM, nº 1322

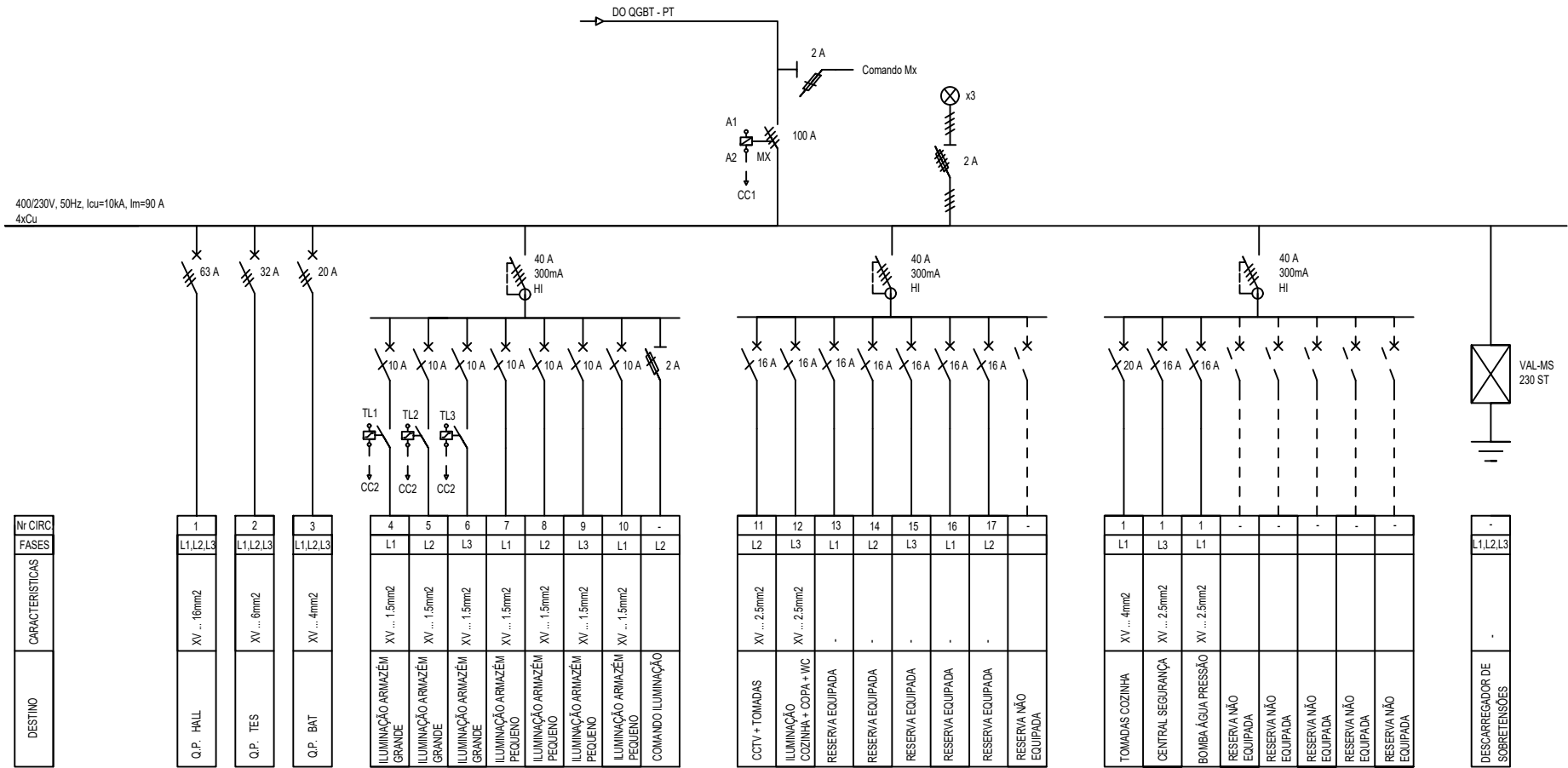
|            |                        |                    |
|------------|------------------------|--------------------|
| Projectou: | Carlos Muchanga        | Substituição:<br>- |
| Desenhou:  | Carlos Muchanga        |                    |
| Verificou: | Engº Carlos Schwalbach |                    |

|      |            |
|------|------------|
| Piso | Desenho nº |
| 0    | 05         |

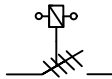
Especialidade:  
ELECTRICIDADE

A5.5

Moçambique - Maputo  
Escala: S:E  
Data: 16/08/2023



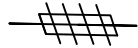
Legenda :



Disjuntor motor



Fusível unipolar



Fusível tetrapolar



Sinalizador



Disjuntor tripolar



Disjuntor unipolar



Interruptor diferencial tetrapolar



Telerruptor



Descarregador de sobretensões

Projecto : **MARIN TRADING**  
Av. FPLM: Aumento da confiabilidade energética

Designação:  
**NOVO QUADRO ELÉCTRICO GERAL DO EDIFÍCIO**

Proprietário :  
**MARIN TRADING, LDA**

Localização :  
**Maputo - Av. FPLM, nº 1322**

|            |                        |                    |
|------------|------------------------|--------------------|
| Projectou: | Carlos Muchanga        | Substituição:<br>- |
| Desenhou:  | Carlos Muchanga        |                    |
| Verificou: | Engº Carlos Schwalbach |                    |

|          |            |
|----------|------------|
| Piso     | Desenho nº |
| <b>0</b> | <b>06</b>  |

Especialidade:  
**ELECTRICIDADE**

**A6.6**

|                     |                                 |
|---------------------|---------------------------------|
| Moçambique - Maputo | Escala: S:E<br>Data: 16/08/2023 |
|---------------------|---------------------------------|

# Anexo 7: Avaliação do consumo e respectivos custos mensais e anuais

Tabela A7-7: Avaliação do consumo e respectivos custos mensais e anuais

| AVALIAÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA E RESPECTIVOS CUSTOS MENSAIS E ANUAIS                                                                                                                                                                                                                             |                     |              |                  |              |              |                     |              |                  |                                                                                                                                         |                   |                  |                 |                  |                |                         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|--------------|------------------|--------------|--------------|---------------------|--------------|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------|-----------------|------------------|----------------|-------------------------|
| PROJECCÃO : Funcionamento actual                                                                                                                                                                                                                                                                  |                     |              |                  |              |              |                     |              |                  |                                                                                                                                         |                   |                  |                 |                  |                |                         |
| CONTRATO Nº 20201922201 POSTO DE TRANSFORMAÇÃO PRIVATIVO Nº 365 POTENCIA : 1250 KVA P0 = 1,14075 KW WP0 = 832,75 KWh                                                                                                                                                                              |                     |              |                  |              |              |                     |              |                  |                                                                                                                                         |                   |                  |                 |                  |                |                         |
| ENERGIA ACTIVA X 2000 INTEGRADOR DE PONTA X 2000 ENERGIA REACTIVA X 2000 POTENCIA CONTRATADA : 824 KW                                                                                                                                                                                             |                     |              |                  |              |              |                     |              |                  |                                                                                                                                         |                   |                  |                 |                  |                |                         |
| TARIFA : MÉDIA TENSÃO                                                                                                                                                                                                                                                                             |                     |              |                  |              |              |                     |              |                  |                                                                                                                                         |                   |                  |                 |                  |                |                         |
| MESES                                                                                                                                                                                                                                                                                             | CONSUMOS - LADO B.T |              |                  |              |              | CONSUMOS - LADO M.T |              |                  | CUSTOS DE ENERGIA                                                                                                                       |                   |                  |                 |                  |                |                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Wa                  | PT           | Wr               | $\phi^\circ$ | Cos $\phi$   | WaPf                | PTP          | WrPf             | Cwa                                                                                                                                     | CPF               | CWre             | Taxa fixa       | IVA(17% de 62%)  | Taxa lixo      | TOTAL                   |
| JUL. /20                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 14000,00            | 52,40        | 28000,00         | 63,45        | 0,447        | 14981,08            | 52,40        | 17500,00         | 71609,55                                                                                                                                | 102746,04         | 25042,50         | 3207,25         | 21354,60         | 150            | 224 109,95 MTn          |
| AGO. /20                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 12000,00            | 49,20        | 28000,00         | 66,8         | 0,394        | 12961,08            | 49,20        | 19000,00         | 61953,95                                                                                                                                | 101473,64         | 27189,00         | 3207,25         | 20429,03         | 150            | 214 402,88 MTn          |
| SET. /20                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 14000,00            | 50,80        | 28000,00         | 63,45        | 0,447        | 14981,08            | 50,80        | 17500,00         | 71609,55                                                                                                                                | 102109,84         | 25042,50         | 3207,25         | 21287,55         | 150            | 223 406,69 MTn          |
| OUT. /20                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 14000,00            | 52,20        | 30000,00         | 64,98        | 0,423        | 14981,08            | 52,20        | 19500,00         | 71609,55                                                                                                                                | 102666,52         | 27904,50         | 3207,25         | 21647,88         | 150            | 227 185,69 MTn          |
| NOV. /20                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 16000,00            | 53,80        | 28000,00         | 60,3         | 0,496        | 17001,08            | 53,80        | 16000,00         | 81265,15                                                                                                                                | 103302,72         | 22896,00         | 3207,25         | 22204,74         | 150            | 233 025,85 MTn          |
| DEZ. /21                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                     |              |                  |              |              |                     |              |                  | 0,00                                                                                                                                    |                   | 0,00             |                 |                  |                | 0,00 MTn                |
| JAN. /21                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 20000,00            | 54,80        | 34000,00         | 59,53        | 0,507        | 21041,08            | 54,80        | 19000,00         | 100576,35                                                                                                                               | 103700,34         | 27189,00         | 3207,25         | 24734,53         | 150            | 259 557,47 MTn          |
| FEV. /21                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 14000,00            | 54,20        | 26000,00         | 61,7         | 0,474        | 14981,08            | 54,20        | 15500,00         | 71609,55                                                                                                                                | 103461,76         | 22180,50         | 3207,25         | 21128,39         | 150            | 221 737,45 MTn          |
| MAR. /21                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 18000,00            | 67,80        | 30000,00         | 59,04        | 0,514        | 19021,08            | 67,80        | 16500,00         | 90920,75                                                                                                                                | 108869,45         | 23611,50         | 3207,25         | 23884,58         | 150            | 250 643,54 MTn          |
| ABRI. /21                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 16000,00            | 62,40        | 30000,00         | 61,93        | 0,47         | 17001,08            | 62,40        | 18000,00         | 81265,15                                                                                                                                | 106722,28         | 25758,00         | 3207,25         | 22866,81         | 150            | 239 969,49 MTn          |
| MAI. /21                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 16000,00            | 54,20        | 30000,00         | 61,93        | 0,47         | 17001,08            | 54,20        | 18000,00         | 81265,15                                                                                                                                | 103461,76         | 25758,00         | 3207,25         | 22523,15         | 150            | 236 365,32 MTn          |
| JUN. /21                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                     |              |                  |              |              |                     |              |                  | 0,00                                                                                                                                    |                   | 0,00             |                 |                  |                | 0,00 MTn                |
| <b>TOTAL</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>154000,00</b>    | <b>55,18</b> | <b>292000,00</b> | <b>60,68</b> | <b>0,464</b> | <b>163950,78</b>    | <b>55,18</b> | <b>176500,00</b> | <b>783684,70</b>                                                                                                                        | <b>1038514,36</b> | <b>252571,50</b> | <b>32072,50</b> | <b>222061,26</b> | <b>1500,00</b> | <b>2330404,33</b>       |
| Wa - Energia activa mensal no lado B.T<br>PT - Ponta tomada ( lado B.T ) ; PTP - Ponta tomada referida ao primário<br>Wr - Energia reactiva mensal no lado da B.T<br>WaP - Energia activa mensal referida ao primário<br>WrPf - Energia reactiva excedente mensal referida ao primário a facturar |                     |              |                  |              |              |                     |              |                  | Cwa - Custo de energia activa a facturar<br>CPF - Custo da potência a facturar<br>CWre - Custo da energia reactiva excedente a facturar |                   |                  |                 |                  |                |                         |
| <b>TOTAL ESTIMADO ANO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                         | <b>184800,00</b>    | <b>55,18</b> | <b>350400,00</b> | <b>60,68</b> | <b>0,489</b> | <b>196740,93</b>    | <b>55,18</b> | <b>211800,00</b> | <b>940421,65</b>                                                                                                                        | <b>1246217,24</b> | <b>303085,80</b> | <b>#####</b>    | <b>266473,51</b> | <b>1800,00</b> | <b>2 796 485,19 MTn</b> |

# Anexo 8: Avaliação do consumo de energia e respectivos custos mensais e anuais

## Tabela A8-8: Avaliação do consumo de energia e respectivos custos mensais e anuais

| AVALIAÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA E RESPECTIVOS CUSTOS MENSALIS E ANUAIS                                                                                                                                                                                                                            |                     |              |                  |              |             |                     |              |                 |                                                                                                                                         |                  |                  |                 |                  |                |                         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|--------------|------------------|--------------|-------------|---------------------|--------------|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|----------------|-------------------------|
| PROJECCÃO : Funcionamento com alteração da capacidade de transformação                                                                                                                                                                                                                            |                     |              |                  |              |             |                     |              |                 |                                                                                                                                         |                  |                  |                 |                  |                |                         |
| CONTRATO Nº 20201922201 POSTO DE TRANSFORMAÇÃO PRIVATIVO Nº 365 POTENCIA : 250 KVA P0 = 0,678 KW WP0 = 494,94 KWh                                                                                                                                                                                 |                     |              |                  |              |             |                     |              |                 |                                                                                                                                         |                  |                  |                 |                  |                |                         |
| ENERGIA ACTIVA X 2000 INTEGRADOR DE PONTA X 2000 ENERGIA REACTIVA X 2000 POTENCIA CONTRATADA : 100 KW                                                                                                                                                                                             |                     |              |                  |              |             |                     |              |                 |                                                                                                                                         |                  |                  |                 |                  |                |                         |
| TARIFA : MÉDIA TENSÃO                                                                                                                                                                                                                                                                             |                     |              |                  |              |             |                     |              |                 |                                                                                                                                         |                  |                  |                 |                  |                |                         |
| MESES                                                                                                                                                                                                                                                                                             | CONSUMOS - LADO B.T |              |                  |              |             | CONSUMOS - LADO M.T |              |                 | CUSTOS DE ENERGIA                                                                                                                       |                  |                  |                 |                  |                | TOTAL                   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Wa                  | PT           | Wr               | $\phi^\circ$ | Cos $\phi$  | WaPf                | PTP          | WrPf            | Cwa                                                                                                                                     | CPF              | CWre             | Taxa fixa       | VA(17% de 62%)   | Taxa lixo      |                         |
| JUL. /20                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 14000,00            | 52,40        | 16219,00         | 49,2         | 0,653       | 14639,89            | 52,40        | 5719,00         | 69978,67                                                                                                                                | 30776,10         | 8183,89          | 3207,25         | 11820,18         | 150            | 124 116,09 MTn          |
| AGO. /20                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 12000,00            | 49,20        | 14180,00         | 49,76        | 0,646       | 12619,89            | 49,20        | 5180,00         | 60323,07                                                                                                                                | 29503,70         | 7412,58          | 3207,25         | 10587,07         | 150            | 111 183,67 MTn          |
| SET. /20                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 14000,00            | 50,80        | 16369,00         | 49,46        | 0,65        | 14639,89            | 50,80        | 5869,00         | 69978,67                                                                                                                                | 30139,90         | 8398,54          | 3207,25         | 11775,75         | 150            | 123 650,11 MTn          |
| OUT. /20                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 14000,00            | 52,20        | 16219,00         | 49,2         | 0,653       | 14639,89            | 52,20        | 5719,00         | 69978,67                                                                                                                                | 30696,57         | 8183,89          | 3207,25         | 11811,80         | 150            | 124 028,18 MTn          |
| NOV. /20                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 16000,00            | 53,80        | 18406,00         | 49           | 0,656       | 16659,89            | 53,80        | 6406,00         | 79634,27                                                                                                                                | 31332,77         | 9166,99          | 3207,25         | 13000,17         | 150            | 136 491,45 MTn          |
| DEZ. /21                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                     |              |                  |              |             |                     |              |                 | 0,00                                                                                                                                    |                  | 0,00             |                 |                  |                | 0,00 MTn                |
| JAN. /21                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 20000,00            | 54,80        | 22846,00         | 48,8         | 0,659       | 20699,89            | 54,80        | 7846,00         | 98945,47                                                                                                                                | 31730,40         | 11227,63         | 3207,25         | 15294,67         | 150            | 160 555,41 MTn          |
| FEV. /21                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 14000,00            | 54,20        | 16059,00         | 48,92        | 0,657       | 14639,89            | 54,20        | 5559,00         | 69978,67                                                                                                                                | 31491,82         | 7954,93          | 3207,25         | 11871,48         | 150            | 124 654,15 MTn          |
| MAR. /21                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 18000,00            | 67,80        | 19034,00         | 46,6         | 0,687       | 18679,89            | 67,80        | 5534,00         | 89289,87                                                                                                                                | 36899,51         | 7919,15          | 3207,25         | 14473,08         | 150            | 151 938,87 MTn          |
| ABRI. /21                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 16000,00            | 62,40        | 17461,00         | 47,5         | 0,676       | 16659,89            | 62,40        | 5461,00         | 79634,27                                                                                                                                | 34752,34         | 7814,69          | 3207,25         | 13218,06         | 150            | 138 776,61 MTn          |
| MAIO. /21                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 16000,00            | 54,20        | 18354,00         | 48,92        | 0,657       | 16659,89            | 54,20        | 6354,00         | 79634,27                                                                                                                                | 31491,82         | 9092,57          | 3207,25         | 13009,09         | 150            | 136 585,01 MTn          |
| JUNH. /21                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                     |              |                  |              |             |                     |              |                 | 0,00                                                                                                                                    |                  | 0,00             |                 |                  |                | 0,00 MTn                |
| <b>TOTAL</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>154000,00</b>    | <b>55,18</b> | <b>175147,00</b> | <b>48,67</b> | <b>0,66</b> | <b>160538,89</b>    | <b>55,18</b> | <b>59647,00</b> | <b>767375,91</b>                                                                                                                        | <b>318814,92</b> | <b>85354,86</b>  | <b>32072,50</b> | <b>126861,36</b> | <b>1500,00</b> | <b>1331979,55</b>       |
| Wa - Energia activa mensal no lado B.T<br>PT - Ponta tomada ( lado B.T ) ; PTP - Ponta tomada referida ao primário<br>Wr - Energia reactiva mensal no lado da B.T<br>WaP - Energia activa mensal referida ao primário<br>WrPf - Energia reactiva excedente mensal referida ao primário a facturar |                     |              |                  |              |             |                     |              |                 | Cwa - Custo de energia activa a facturar<br>CPF - Custo da potência a facturar<br>CWre - Custo da energia reactiva excedente a facturar |                  |                  |                 |                  |                |                         |
| <b>TOTAL ESTIMADO ANO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                         | <b>184800,00</b>    | <b>55,18</b> | <b>210176,40</b> | <b>48,67</b> | <b>0,66</b> | <b>192646,67</b>    | <b>55,18</b> | <b>71576,40</b> | <b>920851,10</b>                                                                                                                        | <b>382577,91</b> | <b>102425,83</b> | <b>38487,00</b> | <b>152233,63</b> | <b>1800,00</b> | <b>1 598 375,46 MTn</b> |