



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
CURSO DE ENGENHARIA ELÉCTRICA

**PROPOSTA DE MELHORAMENTO DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE BAIXA
TENSÃO NO BAIRRO ZONA VERDE C, MUNÍCIPIO DA MATOLA**

Manuel, Gabriela de Luísa Augusto Alfredo

Supervisores:

Supervisor da UEM: Mestre Anacleto Albino, Eng^o

Supervisor da EDM: Eng.^o Teófilo Igal Chilaúle

Maputo, Junho de 2024



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

CURSO DE ENGENHARIA ELÉCTRICA

**PROPOSTA DE MELHORAMENTO DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE BAIXA
TENSÃO NO BAIRRO ZONA VERDE C, MUNÍCIPIO DA MATOLA**

Manuel, Gabriela de Luísa Augusto Alfredo

Supervisores:

Supervisor da UEM: Mestre Anacleto Albino, Eng^o

Supervisor da EDM: Eng.^o Teófilo Igal Chilaúle

Maputo, Junho de 2024

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha família, por serem a minha maior fonte de força, motivação, por me ajudarem em orações e que pacientemente me ajudaram em tudo o quanto puderam desde o meu primeiro suspiro, dando até o que não tinham, ensinando-me e capacitando-me para a vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por todas as bênçãos infinitas que me foram concedidas durante a caminhada.

Agradeço em especial aos meus pais Augusto Alfredo Manuel e Luísa Miguel dos Santos Caetano, e aos meus irmãos Elliott e Rosana pelo amor, amizade, por toda a força, total apoio, mesmo em épocas difíceis sempre me aconselharam a seguir o caminho da educação e de buscar sempre mais estudos.

Agradeço de forma especial ao meu sobrinho Elliott Jr, por tornar os meus dias mais alegres.

Agradeço ao meu Supervisor, Mestre Anacleto Albino, pela paciência, por acreditar na ideia e contribuir para que este trabalho pudesse ser realizado.

Quero de igual modo agradecer ao meu Supervisor Teófilo Igal Chilaule por todo o apoio, acompanhamento e disponibilidade demonstrada durante a elaboração deste trabalho.

Aos meus excelentes docentes da Faculdade de Engenharia os meus agradecimentos por terem tornado mais fáceis estes anos de estudos.

Aos amigos, colegas e a todos que fizeram parte da minha caminhada directa ou indirectamente endereço os meus agradecimentos.

Resumo

Acompanhando o crescimento demográfico e a conseqüente evolução dos consumos, a rede de distribuição tem sido reforçada e modernizada, de forma a dar resposta ao melhoramento da rede eléctrica, visto que no Bairro Zona verde “C” apresenta oscilações de tensão devido a problemas de queda de tensão, originando cortes frequentes. Este problema é associado a longos percursos dos cabos de baixa tensão.

Esta zona, actualmente tem 3 PTs, onde alguns deles encontram-se a funcionar acima dos seus regimes nominais. Os PTs do bairro são alimentados pela subestação de infulene que fornece uma média tensão de 33 kV e 0.4KV em BT.

Nas horas de pico das 17 as 22 horas, a tensão chega a 215 V em alguns momentos muito abaixo desse valor, assim sendo, o fim deste trabalho consiste na necessidade de garantir a qualidade no que se refere a continuidade do fornecimento de energia eléctrica aos consumidores do bairro zona verde C, Município da Matola com a tensão nominal nas horas de pico, com a eliminação das ligações clandestinas porque vai apresentar as melhores práticas modernas de solucionar os problemas relativos a elevadas quedas de tensões e sobrecargas nos postos de transformação (PTs).

As considerações anteriores, levam a necessidade de serem estudadas técnicas para a melhoria da rede de distribuição de energia eléctrica em baixa tensão, pois garantirá o fornecimento de energia de boa qualidade aos moradores, assim como os que ainda não se beneficiam de energia eléctrica e fazendo com que a energia eléctrica chegue ao consumidor com níveis de tensão desejáveis que são 220/400 V para ligações monofásicas e trifásicas respectivamente.

A implementação desta proposta vai melhorar a qualidade da energia fornecida aos consumidores da zona verde C.

Palavras-chave: Baixa Tensão, Energia Eléctrica, Postos de Transformação, Redes de Distribuição de Energia Eléctrica.

Índice

1. CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO	1
1.2 Formulação do problema	1
1.3 Hipóteses	2
1.4 Justificativa	3
1.5 Objectivos	3
1.5.1 Objectivo Geral.....	3
1.5.2 Objectivos Específicos.....	3
1.6 Metodologia	3
1.7 Estrutura do trabalho	4
2. CAPÍTULO II: REVISÃO DA LITERATURA	6
2.1 Qualidade de Energia	6
2.2 Generalidade sobre sistema eléctrico de potência	6
2.3.1 Níveis de Tensão.....	6
2.3.2 Rede eléctrica primária.....	7
2.3.3 Rede eléctrica secundária	7
2.4. Redes aéreas em torçada.....	7
2.5.1 Apoios.....	10
2.5.2 Condutores	11
2.5.3 Isoladores de MT	12
2.5.1 Posto de Transformação.....	13
2.6. Sistemas de aterramento	20
3 CAPÍTULO III: ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	21
3.1. Memória descritiva e justificativa	21
3.1.1. Estado actual dos transformadores	21

3.2. Proposta de solução do problema	30
3.2.1. Características eléctricas do novo PT	30
3.2.2. Escolha do condutor de média tensão.....	30
3.2.3. Selecção do cabo alimentador do QGBT.....	32
3.2.3. Dimensionamento dos barramentos de ligação.....	32
3.2.4. Dimensionamento das protecções no lado B.T	33
3.2.5. Dimensionamento dos pára-raios	34
3.2.6. Dimensionamento dos Drop- Outs.....	35
3.2.7 Sistema de aterramento	36
3.3. Características de montagem	40
3.4 Especificações técnicas dos materiais.....	41
4. CAPÍTULO IV – ORÇAMENTO.....	48
5. CAPÍTULO IV-CONCLUSÃO	51
5.1 RECOMENDAÇÃO	52
5.2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
ANEXOS	A

Lista de Abreviações e Siglas

ABC- Aerial Bundled Cables

ACSR-Alumínio reforçado com fios de aço

APC-Alto poder de corte

AT- Alta tensão

BT-Baixa Tensão

C.C -Curto-circuito

EDM- Electricidade de Moçambique

MCOV Tensão máxima de operação contínua

MT Media tensão

MT- Media Tensão

PEX- polietileno reticulado

PT-Posto de Transformação

QGBT- quadro geral de baixa tensão

RSRDEEBT – regulamento de Segurança de redes de Distribuição de energia eléctrica em Baixa tensão

RTIEBT-Regras Técnicas de Instalações Eléctricas de Baixa Tensão

SEP-Sistema Eléctrico de Potência

XS-Cobre isolado a polietileno reticulado

LISTA DE SÍMBOLOS

∂ -Tensão máxima no cabo

BIL-Nível de isolamento básico

$\text{Cos}\varphi$ - factor de potência

EFF- Factor de falha à terra;

H -Altura dos apoios

h- Altura mínima ao solo

ILK- corrente do LINK a usar

In- Corrente nominal

IR- Corrente para a fase R

IS- Corrente para a fase S/Corrente de serviço

IT-Corrente para a fase T

Kt-Capacidade de absorção do para raios

KV- Kilovolt

KVA- Kilo volt-ampere

L -Comprimento do Vão/comprimento do condutor

MVA- Mega volt-ampere

Pilum- Potência de iluminação

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

Sn -Potência aparente nominal

SR -Potência aparente remanescente

S- Secção do condutor

ST -Potência total

TOV - Capacidade para suportar a sobre tensão temporária em kV

U -Voltagem

Um -Tensão do pára-raios em kV

Un – Tensão nominal da linha em kV

Ures-Tensão residual ou nível de protecção

Zeq -Impedância equivalente

ZMT- Impedância da rede de média tensão

ZTransf- Impedância do transformador

α - É a taxa de crescimento da carga por ano dado em percentagem

$\Delta U\%$ - queda de tensão

ρ - Resistividade do material da alma condutora à temperatura ambiente max

β - Factor de redução

γ - Factor de correção

Índice de figura

Figura 1: Rede aérea de BT em torçada do bairro zona verde (Fonte: Autor, 2024) ...	8
Figura 2: Pinças de Amarração de BT (Fonte: Autor)	8
Figura 3: Pinças de Suspensão (Fonte: C.M, 2022)	9
Figura 4: Ferragens (Fonte: Alibaba, 2024)	9
Figura 5:Ligador (Autor, 2024)	10
Figure 6:Cabo ABC (Fonte: Autor, 2024)	12
Figure 7: Cadeia de Isoladores (Fonte: Autor)	12
Figure 8: Isolador de porcelana (Fonte: Autor 2024).....	13
Figure 9: Transformador de distribuição (Fonte: João Mamede Filho, 7ª edição).....	15
Figure 10: Cabo LVAV (Fonte: Autor, 2024)	16
Figure 11: Ligadores bimetálicos (Fonte: C. Farruque).....	16
Figure 12: Pára-raios (Fonte: Autor, 2024).....	17
Figure 13: Montagem de um pára-raios de distribuição em cruzeta de madeira (Fonte: João Mamede Filho, 4ª edição).....	18
Figure 14: Drop-out (Fonte: João Mamede filho, 2013).....	18
Figure 15: Vista frontal de um disjuntor de baixa tensão (Fonte: DANFUS 2018)	19
Figure 16: Fusível APC (Fonte: Alibaba, 2024).....	20

Índice de tabela

Tabela 1: Classificação das redes eléctricas quanto ao nível de tensão	6
Tabela 2: Identificação das infra-estruturas (Fonte: Autor)	21
Tabela 3: Demonstração do Índice de Carga no PT 101 (Fonte: Autor, 2024)	21
Tabela 4: Demonstração do Índice de Carga no PT 979 (Fonte: Autor)	22
Tabela 5: Demonstração do Índice de carga no PT 219R (Fonte: Autor).....	23
Tabela 6: Apresentação de dados do PT 101 (Fonte: Autor)	24
Tabela 7: Apresentação de dados do PT 979 (Fonte: Autor)	25
Tabela 8: Apresentação de dados do PT 219R (Fonte: Autor)	26
Tabela 9: Demonstração do Índice de Carga (%) (Fonte: Autor)	28
Tabela 10: Carga remanescente e a transferir nos PTs (Fonte: Autor).....	29
Tabela 11: Apresentação de dados do PT a instalar (Fonte: Autor)	30
Tabela 12: Medições em campo (Fonte: Autor)	36
Tabela 13: Cálculo da resistividade (Fonte: autor).....	36
Tabela 14: Valor médio de cada espaçamento e desvio relativo de cada medida (Fonte: Autor)	37
Tabela 15: Cálculo da resistividade (Fonte: autor).....	38
Tabela 16: ORÇAMENTO	48

Índice de gráficos

Gráfico 1: Intensidade eléctrica no QGBT do PT 101 (Fonte: Autor)	22
Gráfico 2: Intensidade eléctrica no QGBT do PT 979 (Fonte: Autor)	22
Gráfico 3: Intensidade eléctrica no QGBT do PT 219R (Fonte: Autor).....	23
Gráfico 4: Curva K x h (Fonte: Autor)	37

1. CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO

A rede eléctrica do bairro zona verde C tem uma configuração mista, isto é, radial e anel do lado de distribuição em que os transformadores de distribuição são alimentados por uma tensão de média tensão com nível de tensão de 33KV.

O nível de tensão na rede de distribuição de energia eléctrica em baixa tensão no bairro é de 400/220V a uma frequência de 50Hz.

As redes de distribuição primárias são circuitos eléctricos trifásicos a três fios (três fases), ligados nas subestações de distribuição.

A rede de distribuição é aérea de cabo torçado, e é constituída por postes que são de madeira banhados em creosoto, isoladores e condutores que são os principais componentes na rede, pois são eles que permitem a condução de energia eléctrica.

A grande desvantagem nessa estrutura está nos postes. Os postes de madeira necessitam de constantes manutenções, onde geralmente devem ser banhados em produtos na sua superfície como creosoto para evitar apodrecimento, o que se não for feito pode culminar com a degradação, desabamento e inclinação dos mesmos constituindo perigo para dos moradores ao redor.

Alguns postes nesse bairro estão erguidos com uma inclinação desordenada, ligações de várias baixadas num único poste. Constata-se nesse bairro que o fornecimento de energia eléctrica traduz-se em cortes frequentes na maioria das vezes na hora da ponta, oscilações de tensão e nalgum momento explosões do transformador.

Pretende-se com este trabalho constatar quais são as possíveis causas desses problemas e propor as melhores soluções para mitigar esses problemas e dessa forma melhorar a qualidade da rede de distribuição de BT e garantindo assim energia fiável e de qualidade ao bairro.

1.2 Formulação do problema

O bairro zona verde C é um bairro ainda em expansão, porém a energia eléctrica não chega a todos habitantes onde na maioria das vezes há dificuldades em conservar alimentos e tem aumentado a ocorrência de assaltos por falta de iluminação. A rede de baixa tensão encontra-se numa situação precária, tendo em alguns casos o uso de postes não adequados e nalguns casos, há postes erguidos de forma desordenada, em

estado de degradação e com uma inclinação que constitui risco a população. Os cabos que fazem as baixadas estão suspensos a uma distância muito curta em relação ao solo colocando vidas em perigo, os consumidores recebem energia de baixa qualidade como no caso das residências que se encontram mais distantes do PT.

Ligação de várias baixadas num único poste o que pode originar curto-circuitos, a falta de manutenção dos PTs reduzindo seu rendimento por não estar a funcionar nas condições recomendadas pelas normas.

Com esta falta de energia, problemas vem surgindo e crescendo, sendo principais problemas a falta de iluminação pública, sistemas de conservação de alimentos frescos, sentimento de inferioridade, sistema de ensino restrito ao período nocturno, o centro de saúde existente no bairro restrito para cuidados básicos, há que se fazer a seguinte questão:

De que maneira se pode melhorar a qualidade da rede de distribuição de baixa tensão?

1.3 Hipóteses

Para melhorar a rede de distribuição no bairro zona verde, far-se-á uma análise descreve a situação actual da rede, após a análise dos dados, ter-se-á o conhecimento real da rede principalmente dos equipamentos utilizados e saber-se-á se estes operam em condições admissíveis de acordo com as normas.

E após essa análise irá se propor soluções possíveis para os problemas em causa, que dentre estas podem ser:

- Instalação de novos postes de acordo com as normas com o objectivo de desaliviar os postes com número de baixadas acima do permitido;
- Instalação de novos PTs ou redimensionamento dos já existentes, tendo em conta os centros de carga, de forma que possam suprir a demanda sem sobrecarregar os mesmos.

1.4 Justificativa

Mostra-se relevante melhorar a rede de energia do bairro, pois, irá garantir o acesso de energia de qualidade a toda a população do bairro, e como consequência, a maior parte dos problemas que tem-se verificado devido a falta de energia serão eliminados, permitindo um conforto e considerando a existência de um centro de saúde e de pelo menos uma escola no bairro. Com essa proposta esperam-se soluções que possam a reduzir a distância entre os consumidores e a fonte de alimentação, bem como o alívio dos PTs sobrecarregados através da transferência de algumas cargas para um novo PT caso seja necessário. Após todas essas acções, a qualidade no fornecimento de energia eléctrica no bairro zona verde estará melhorada.

1.5 Objectivos

1.5.1 Objectivo Geral

Apresentar proposta para melhoramento da rede de distribuição de baixa tensão no bairro zona verde c, município da matola

1.5.2 Objectivos Específicos

- Descrever o estado actual da rede de distribuição de baixa tensão da energia eléctrica no bairro zona verde, município da matola;
- Apresentar o levantamento de cargas no bairro;
- Especificar os equipamentos necessários para a implementação da solução ou da proposta a apresentar;
- Apresentar a estimativa do orçamento geral para implementação do projecto.

1.6 Metodologia

A metodologia usada para a realização da presente pesquisa foi dividida em duas partes a destacar: pesquisa bibliográfica e a pesquisa de campo.

a) Pesquisa bibliográfica

Segundo a NBR 6022 (Associação Brasileira De Normas Técnicas, 2003), a pesquisa bibliográfica caracteriza-se por analisar e discutir informações já publicadas, onde a finalidade é colocar o pesquisador em contacto directo com tudo aquilo que foi escrito

sobre determinado assunto, com o objectivo de permitir aos pesquisadores, reforço paralelo na análise de suas pesquisas ou manipulação de suas informações.

Pesquisa de campo

Visto que Segundo Gonsalves (2001, p. 67), a pesquisa de campo é o tipo de pesquisa que pretende colocar o pesquisador em contacto directo com toda a situação relacionada ao tema. E a pesquisa de campo baseou-se em dois métodos:

- **Observação directa**

Este método baseia-se na actuação de observadores para obtenção de determinadas informações. A observação directa baseou-se em efectuar por meio de leituras e observações, a colheita de dados e outras informações relevantes sobre o tema em questão.

- **Entrevista**

A entrevista é composta por perguntas aos especializados na área, permitindo a obtenção de dados de forma profunda.

Este método consistiu em consultar aos técnicos e engenheiros especializados nessa área, com objectivo de obter informações sobre o caso de estudo.

1.7 Estrutura do trabalho

Para melhor organização e compressão do trabalho, este está dividido em (05) capítulos.

No primeiro capítulo, o qual já se apresentou, é feita uma contextualização dos objectivos com vista a alcançar a solução final e por fim as principais metodologias a serem usadas com vista à mesma.

No segundo Capitulo, faz-se apresentação do referencial teórico, iniciando-se por uma breve apresentação, e descrição rede eléctrica de BT no bairro em causa, Segue-se a isso a definição dos conceitos do SEP, onde, descreve-se os principais equipamentos,

estruturas, acessórios entre outros aspectos que compõem a rede em BT.

No terceiro capítulo, faz-se a apresentação da situação actual da qualidade de energia e seguir-se-á a análise dos dados colectadas de forma a apresentar a proposta de solução para o problema apresentado na parte introdutória do trabalho. Procura-se neste capítulo apresentar as especificações técnicas dos materiais, e equipamentos a serem usados para a implementação da solução proposta.

No quarto capítulo é apresentada a estimativa total de custo para a implementação do projecto.

No quinto capítulo segue-se com a apresentação das considerações finais e nota de conclusão do presente trabalho.

2. CAPÍTULO II: REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Qualidade de Energia

Segundo a norma IEEE-1159 1995, a qualidade de energia eléctrica é definida como sendo o abastecimento de tensões no sistema de modo que o consumidor possa utilizar a energia eléctrica do sistema de forma satisfatória sem que haja interrupções e interferências.

2.2 Generalidade sobre sistema eléctrico de potência

Golkar, 2004 define SEP como sendo um sistema interligado para distribuir electricidade dos produtores aos consumidores. É constituída por centrais de geração que produzem energia eléctrica, linhas de transmissão em alta tensão que transportam electricidade a partir das fontes distantes até aos centros de carga e as redes de distribuição que ligam consumidores individuais.

2.3 Rede eléctrica

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

2.3.1 Níveis de Tensão

Segundo o RSRDEEBT, as redes eléctricas quanto ao nível de tensão podem ser classificadas da seguinte maneira:

Tabela 1: Classificação das redes eléctricas quanto ao nível de tensão

Designação	Tensão (kV)
Baixa Tensão	$U \leq 1kV$
Média Tensão	$1kV \leq U \leq 45kV$
Alta Tensão	$45kV \leq U \leq 110kV$
Muito Alta Tensão	$U > 110kV$

As tensões normalizadas em Moçambique para as linhas de distribuição em média tensão são: 11,22,33 KV.

2.3.2 Rede eléctrica primária

A rede eléctrica primaria é aquela que serve de distribuição funcionando em média tensão. Esta rede compreende todo o troço do sistema eléctrico a funcionar com valores de tensão superiores a 1 KV e inferior ou igual a 45 KV.

2.3.3 Rede eléctrica secundária

A rede eléctrica secundária é aquela que serve de distribuição funcionando em baixa tensão. Esta rede compreende todo o troço do sistema eléctrico a funcionar com valores de tensão inferior de 1 KV e é destinada a alimentar instalações de consumo (220/400V).

A distribuição de energia eléctrica em baixa tensão inicia-se na saída do QGBT dos PT's. As redes de BT podem ser de dois tipos:

- Aéreas (tipicamente em zonas rurais);

As linhas aéreas são de condutores isolados em feixe, designados por cabos torçados (alumínio ou alumínio-aço). Os condutores eléctricos de distribuição em baixa tensão são normalmente constituídos por cinco condutores.

- Subterrâneas (tipicamente em zonas urbanas).

2.4. Redes aéreas em torçada

Actualmente, estas são as redes aéreas mais comuns e utilizam condutores isolados de alumínio. São redes utilizadas em zonas rurais, bairros suburbanos, zonas urbanizadas e outras situações específicas.

Os cabos torçados são constituídos por condutores multifilares de alumínio e o isolamento é PEX. As secções adoptadas pela EDM no uso deste tipo de condutores são: 10 mm², 16 mm², 25 mm², 50 mm², 70 mm² e 95 mm².

2.4.1. Principais acessórios das Redes Aéreas de BT

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



Figura 1: Rede aérea de BT em torçada do bairro zona verde (Fonte: Autor, 2024)

a) Ferragens; b) Ligadores PC1, PC2, PC3 ; c) Pinças de amarração e de suspensão; d) Poste.

Pinças

- **Pinça de amarração** – É um acessório destinado a fixar um cabo aéreo isolado a um suporte e concebido para transmitir a tensão mecânica do cabo, ao poste. A pinça de amarração deverá apertar condutores principais do cabo torçado, conforme se trate de cabo monofásico ou trifásico, ilustrado na figura abaixo:



Figura 2: Pinças de Amarração de BT (Fonte: Autor)

- **Pinça de suspensão** - É um acessório destinado a fornecer apoio em cabos aéreos em pontos intermédios. As pinças de suspensão são suspensas em olhais retorcidos, e devem abraçar todos os condutores do cabo torçado. São também utilizadas como elementos de ligação entre o cabo torçado e a ferragem da rede, tendo como principal função regular o cabo.



Figura 3: Pinças de Suspensão (Fonte: C.M, 2022)

- **Ferragens**

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



Figura 4: Ferragens (Fonte: Alibaba, 2024)

- **Ferro gancho ou argola**

É um acessório usado em redes de distribuição de energia em BT e MT fixados em

postes para o assegurar as pinças de amarração e suspensão.

- **Ligador**

Ligador é o dispositivo destinado a ligar electricamente e mecanicamente dois ou mais condutores. Os ligadores utilizados geralmente na EDM são de aperto independente do tipo PC3, servem para unir cabos.

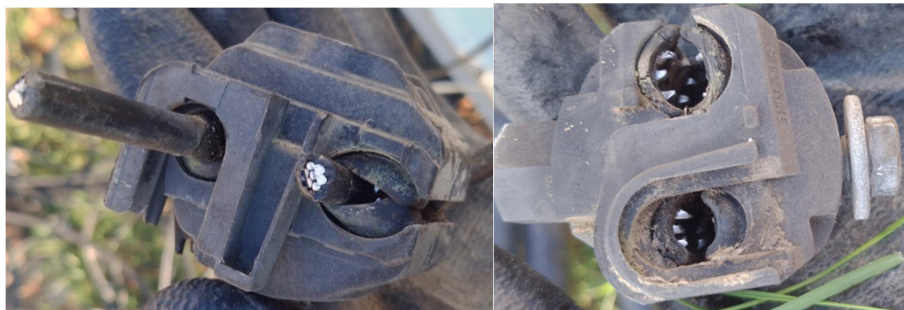


Figura 5:Ligador (Autor, 2024)

2.5. Estruturas de redes de distribuição em MT

- a) Apoios b) Cabos c) Isoladores d) Posto de Transformação e) Quadro geral f) Dispositivos de protecção

2.5.1 Apoios

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

Postes de madeira são geralmente empregados em redes de baixa tensão, e as madeiras mais vulgarmente utilizadas são pinho e castanho. Para prolongar a sua duração, os postes de pinho são submetidos a tratamento especiais de impregnação ou de injeção com diferentes substâncias apropriadas, como sulfato de cobre, bicloreto de mercúrio, o alcatrão, o creosóto e o cloreto de zinco. O ponto fraco dos postes de madeira é junto da base, ao nível do solo, pois é aí que a madeira é atacada

mais facilmente pelos agentes destruidores como: erva, humidade e insectos.

Para evitar esse inconveniente, o tratamento da parte do poste que fica enterrado e da que fica 0,5 m acima do terreno, devem ser reforçado com uma camada de alcatrão, afim de a zona do poste nas proximidades do solo ficar suficientemente defendida da humidade.

Os postes de madeira são geralmente empregados simples, mas para grandes esforços podem ser reforçados com escoras ou espias.

❖ Espias e escoras

São elementos de aço (espia) ou de madeira (escora), usados em regra nos postes de fim de linha de um ângulo ou de outros postes e destinam-se a suportar aos esforços que poderão ser transmitidos pelos condutores e cabos de guarda aos postes.

No caso geral de implantação de postes directamente no solo, a profundidade mínima (h) de enterramento, em metros, será igual a:

$$h = \frac{H}{10} + 0.5 \quad \text{Eq: 1}$$

2.5.2 Condutores

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

Nas linhas aéreas, são usados condutores nus multifilares em alumínio-aço, pois apresentam maior resistência mecânica em relação ao cobre. Os condutores em alumínio são constituídos por duas ou três camadas sucessivas de fios de alumínio todos enrolados em hélice.

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

Os condutores de iluminação pública são marcados como IP1 (apresenta a menor

secção comparativamente aos outros condutores) e o de neutro tem a inscrição da norma do fabrico (normalmente é o único condutor com ranhura).



Figura 1:Cabo ABC (Fonte: Autor, 2024)

2.5.3 Isoladores de MT

São elementos duma instalação ou parte dum aparelho especialmente construído para sustentar mecanicamente e para assegurar o isolamento eléctrico. Devem resistir aos esforços da linha, as variações das temperaturas e a acção atmosférica. Enquanto electricamente, os isoladores devem garantir resistividades, pois, quanto maior for a resistividade maior será a resistência do isolador.

Classificação dos Isoladores

- ✓ Os isoladores em cadeias são associados a outros idênticos em forma de cadeia, garantindo assim as condições de isolamento do condutor ou aumento de linha de fuga.



Figura 2: Cadeia de Isoladores (Fonte: Autor)

- ✓ Os isoladores rígidos são fabricados em porcelana de vidro, por si só garantem as condições de isolamento do condutor. São constituídos por vários isoladores de campânula de porcelana, vidro ou resina artificial tal como os isoladores em cadeia. Podem também ser constituídos por vários isoladores de campânula ou de vidro e por ferragens que as justapõe, podendo construir cadeias de amarração ou de suspensão.



Figura 3: Isolador de porcelana (Fonte: Autor 2024)

2.5.1 Posto de Transformação

Posto de Transformação, é uma instalação eléctrica destinada a elevar ou baixar os níveis de tensão. A energia eléctrica que alimenta o PT, geralmente parte directamente de uma subestação, que por meio das linhas é transportada até ao PT.

Segundo Frederico Seabra 2018, num PT encontram-se os transformadores, que fazem a redução de MT para BT, bem como a aparelhagem de protecção, de seccionamento e medição. Desta forma, o princípio de funcionamento de um PT tem por base o primário do transformador que é alimentado pelo cabo trifásico em MT, e por sua vez, pelo secundário sai um cabo com três fases e neutro em BT, o qual se destina a alimentar varias cargas existentes. O Esquema Eléctrico Simplificado encontra-se no anexo 1, figura A1-1.

2.5.1.1 Classificação dos postos de transformação

Os postos de transformação podem ser classificados da seguinte maneira:

a) Quanto à instalação:

- ✓ Transformador assente em base de alvenaria: recomendado para transformadores com potência acima de 250kVA. A base de alvenaria deve ser

construída entre os postes do pórtico de média tensão e com altura inferior a 2,5 metros do solo e com altura suficiente para acomodar o quadro geral de distribuição.

- ✓ Transformador em pórtico de madeira: é montado sobre uma base, fixada entre dois postes de madeira. Pode-se montar neste pórtico transformadores com uma potência igual ou inferior a 100kVA.
- ✓ Transformador em poste de betão: é montado sobre uma base metálica que é fixada ao poste de betão. Destina-se a alimentar pequenos consumidores com uma potência não superior a 30kVA.

b) Quanto ao Serviço prestado: podem ser públicos e privados.

c) Quanto à montagem:

- ✓ Em alvenaria: todo o equipamento de média tensão é colocado no interior, em celas cujas paredes são construídas em alvenaria e dotadas de portas.
- ✓ Tipo monobloco: todo o equipamento de média tensão é colocado no interior de celas constituídas por painéis metálicos pré-fabricados.

d) Quanto à entrada da alimentação eléctrica:

- ✓ Aérea: A entrada de energia em alta tensão é efectuada por linhas aéreas que são amarradas à torre do PT.
- ✓ Subterrânea: A entrada de energia em alta tensão é efectuada por cabos eléctricos enterrados.

e) Quanto à topologia da rede eléctrica ou modo de alimentação:

- ✓ Radial: A alimentação é garantida por uma única entrada.
- ✓ Anel: A alimentação é garantida por duas entradas distintas. A vantagem desta configuração reside no facto de se permitir a alimentação à PT mesmo que uma das entradas esteja fora de serviço.

2.5.1.2 Transformador de Distribuição

O transformador é um instrumento usado para mudar a energia eléctrica de um nível de tensão para outro, seja superior ou inferior, mantendo a frequência e potência constante. O transformador é o elemento fundamental num posto de transformação. Pelo fato desta instalação envolver elevados níveis de tensão, necessita-se de um

conjunto adicional de aparelhagem para realizar as funções de comando, seccionamento, contagem (João Mamede Filho, 7ª edição).

Os postos de transformação devem ser inseridos nas redes próximo aos centros de consumo.

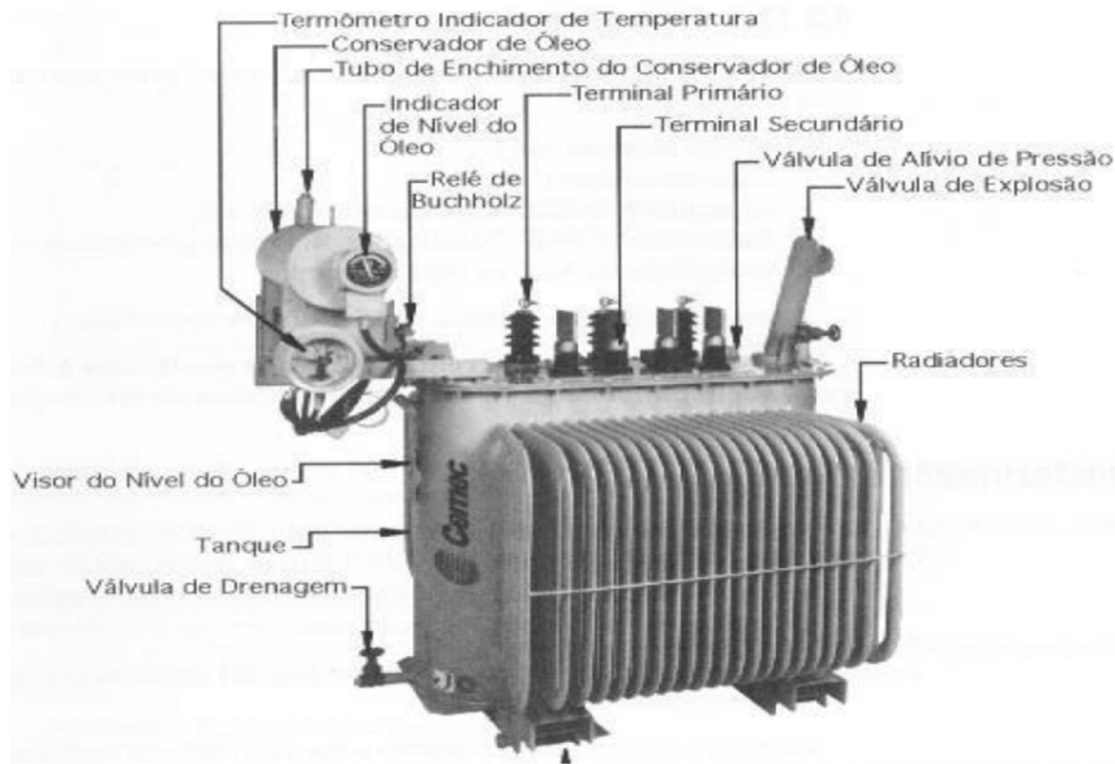


Figura 4: Transformador de distribuição (Fonte: João Mamede Filho, 7ª edição)

2.5.1.3 Quadro Geral de Baixa Tensão

O QGBT encontra-se instalado a jusante do transformador, ele é constituído por interruptor ou disjuntor geral que permite fazer o corte geral do QGBT e elementos de protecção (fusíveis ou disjuntores) que vão proteger as diferentes saídas, é também constituído de barramentos e elementos de medida como os transformadores de medida e contadores. As saídas do QGBT geralmente são feitas mediante os cabos ABC, VAV e LVAV.



Figura 5: Cabo LVAV (Fonte: Autor, 2024)

❖ Barramentos

Barra é um condutor rígido, em forma de tubo ou de secção perfilada, fornecido em trechos rectilíneos. As barras são usadas como condutores (geralmente sem isolamento) em equipamentos, tais como quadros de distribuição, painéis, subestações desabrigadas, abrigadas.

❖ Terminais Bimetálicos

São terminais para cabos de alumínio, que quando crimpados permitem que o condutor seja conectado do barramento de cobre, evitando o efeito galvânico ocasionado pela diferença de rigidez dielétrica entre os materiais.



Figura 6: Ligadores bimetálicos (Fonte: C. Farruque)

2.5.1.4 Dispositivos de Protecção

a) Pára-raios

Protegem as redes de surtos de tensões causados por descargas atmosféricas (raios), ou mesmo de manobras realizadas na rede, limitando os níveis de tensão aos suportáveis pela rede. São instalados geralmente em transformadores e outros equipamentos.

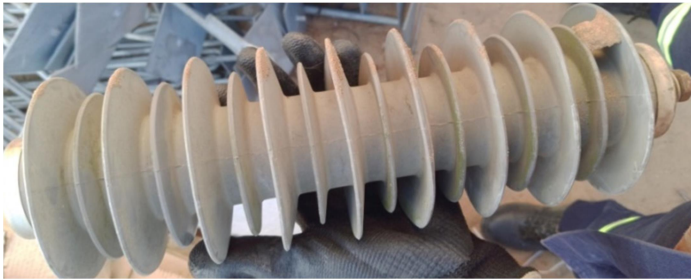


Figura 7: Pára-raios (Fonte: Autor, 2024)

São as características fundamentais de um para -raios definidas pela RSRDEEBT:

- ❖ Tensão nominal: é a máxima tensão eficaz, de frequência nominal, aplicável entre os terminais do pára- raios e na qual este deve operar.
- ❖ Frequência nominal: é a frequência utilizada no projecto do pára-raios, a qual deve coincidir com a frequência da rede a que será ligadoo.
- ❖ Corrente de descarga nominal: é o valor de crista da corrente de descarga com forma de longa 8/20 μ s, utilizado para classificar um pára- raios.
- ❖ Corrente subsequente: é a corrente fornecida pelo sistema que percorre o pára-raios depois da passagem da corrente de descarga.
- ❖ Tensão disruptiva de impulso atmosférico: é o maior valor de tensão atingida antes do centelhamento do pára -raios, quando a tensão de impulso atmosférico, de forma de onda e polaridade dadas, é aplicada entre os terminais do pára-raios.
- ❖ Tensão residual: é a tensão que aparece entre os terminais de um pára-raios durante a passagem da corrente de descarga.

Constituição do pára-raios

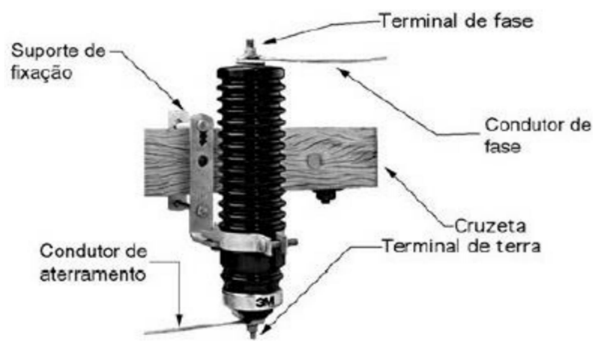


Figura 8: Montagem de um pára-raios de distribuição em cruzeta de madeira (Fonte: João Mamede Filho, 4ª edição)

b) Seccionadores Fusível ou Drop-outs

Desempenham a função de um fusível e de um seccionador, pois protegem contra curto-circuitos e executam o corte visível da instalação. A abertura e fecho do Drop-outs devem ser com o transformador em vazio.

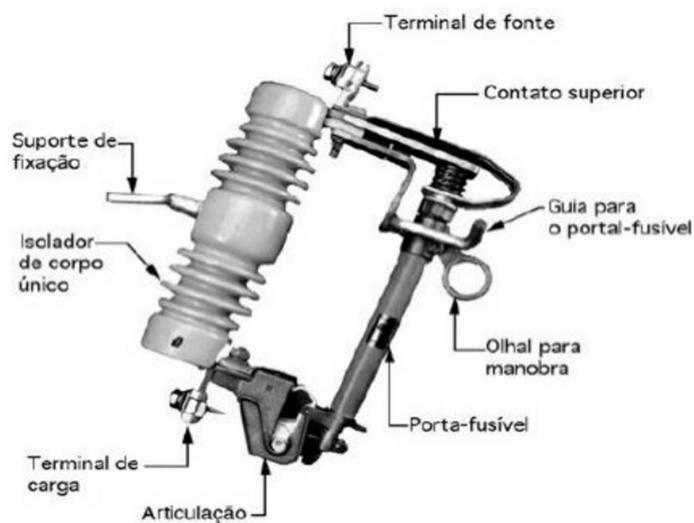


Figura 9: Drop-out (Fonte: João Mamede filho, 2013)

❖ Elo Fusível

É um elemento metálico no qual é inserida uma parte sensível a correntes eléctricas elevadas, fundindo – se e rompendo num intervalo de tempo inversamente proporcional à grandeza da referida corrente. Os elos fusíveis de má qualidade constituem um grande transtorno para as concessionárias de energia eléctrica, devido a sua queima

intempestiva, sem que nenhuma anomalia tenha ocorrido no sistema, acarretando custos adicionais de manutenção (João Mamede Filho, 7ª edição).

c) Interruptor ou corte geral de baixa tensão

É um equipamento ou dispositivo de comando de circuitos de baixa tensão, cuja finalidade é interromper ou não o fluxo de corrente quando o circuito está funcionando em condições normais.



Figura 10: Vista frontal de um disjuntor de baixa tensão (Fonte: DANFUS 2018)

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

- Corrente nominal de operação;
- Tensão nominal;
- Frequência nominal;
- Accionamento manual.

d) Fusível APC de baixa tensão

Fusíveis são dispositivos de protecção compostos por um condutor de secção reduzida montados em uma base de material isolante. A estrutura física é a base que suporta o porta fusível e o anel de protecção que visa proteger e evitar o contacto da rosca da base com o circuito. O fusível é substituível e deve ter a descrição do valor da corrente que ele suporta expressa em seu rótulo. Protege as saídas do transformador contra sobrecarga e curto-circuito.



Figura 11: Fusível APC (Fonte: Alibaba, 2024)

2.6. Sistemas de aterramento

Aterramento é a ligação de estruturas ou instalações com a terra, com o objectivo de estabelecer uma referência para a rede eléctrica e permitir o fluxo para a terra de correntes eléctricas de naturezas diversas, tais como:

- Correntes de raios atmosféricos;
- Corrente de curto-circuito.

Os objectivos principais do aterramento são:

- Obter uma resistência de aterramento a mais baixa possível, para correntes de falta à terra;
- Manter os potenciais produzidos pelas correntes de falta dentro dos limites de segurança de modo a não causar fibrilação do coração humano;
- Fazer que equipamentos de protecção sejam mais sensibilizados e isolem rapidamente a falha à terra;
- Proporcionar um caminho de escoamento para terra de descargas atmosféricas;
- Usar a terra como retorno de corrente no sistema;
- Escoar as cargas estáticas geradas nas carcaças dos equipamentos (Geraldo Kindermann, 3ª edição).

3 CAPÍTULO III: ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

3.1. Memória descritiva e justificativa

No presente capítulo correspondente a memória descritiva, apresenta-se a situação actual da rede de distribuição de energia eléctrica em baixa tensão a 400/220V, a uma frequência de 50Hz, no bairro de zona verde C que compreende a descrição da rede, a apresentação dos problemas identificados no bairro referentes a qualidade no fornecimento de energia eléctrica e de solução destes problemas.

Este bairro é alimentado por 3 (três) PTs, que são identificados na rede de distribuição em baixa tensão (BT) como:

- ✓ PT 101- com uma potência instalada de 315kVA com 3 saídas;
- ✓ PT 979- com uma potência instalada de 250 kVA com 3 saídas e
- ✓ PT 219R- com uma potência instalada de 100kVA com 4 saídas.

Tabela 2: Identificação das infra-estruturas (Fonte: Autor)

Tipo de infra-estrutura	Residências	Escolas	Igrejas	Estabelecimentos comerciais	Centro infantil	Farmácia
Quantidade	2228	2	4	45	3	2

3.1.1. Estado actual dos transformadores

Foram feitas leituras dos valores das correntes nos barramentos directamente nos postes de transformação, com o objectivo de avaliar o nível de carregamento dos PTs.

Leitura de carregamento do PT 101

Sn= 315kVA I_{max} =509A Sn =315kVA Calibre do elo fusível= 8A

Tabela 3:Demonstração do Índice de Carga no PT 101 (Fonte: Autor, 2024)

	Geral	Saída 1	Saída 2	Saída 3
R	359.3A	142.2	156.8	60.3
S	563.6A	458.9	91.2	13.8
T	457.5A	305.7	32.3	119.5

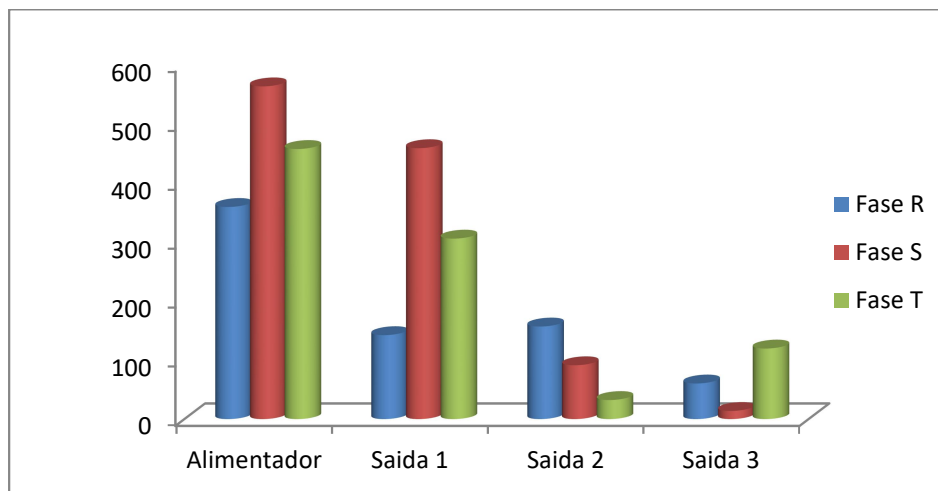


Gráfico 1: Intensidade eléctrica no QGBT do PT 101 (Fonte: Autor)

Leitura de carregamento do PT 979

Sn= 250kVA Un=400V Calibre do elo fusível= 8ª

Tabela 4: Demonstração do Índice de Carga no PT 979 (Fonte: Autor)

	Geral	Saída 1	Saída 2	Saída 3	Saída 4
R	326.61	113.3	73.1	137.2	0
S	418.69	193.2	91.1	101.0	31
T	345.0	190.4	48.0	110.1	4

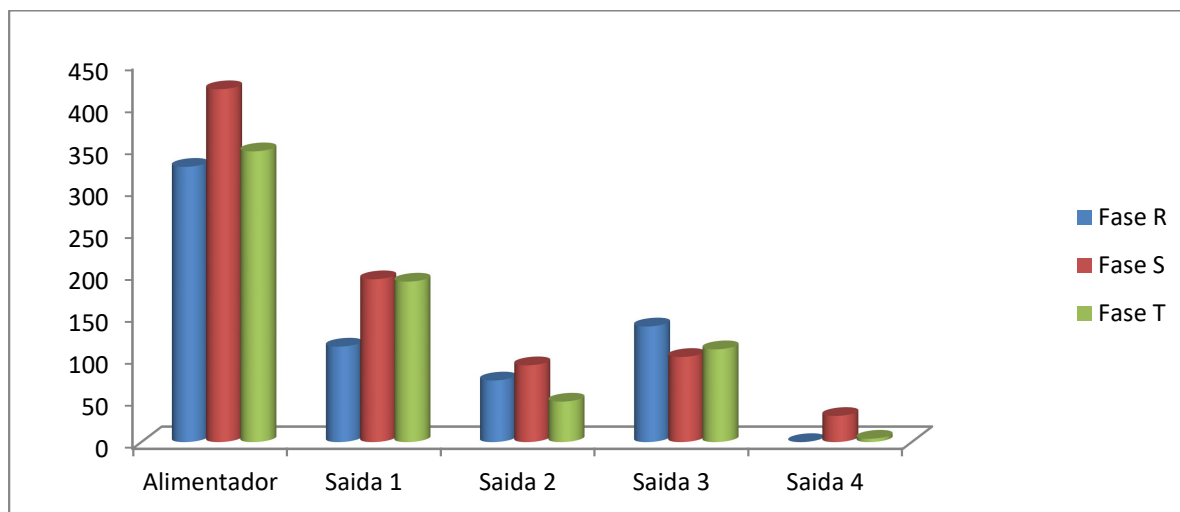


Gráfico 2: Intensidade eléctrica no QGBT do PT 979 (Fonte: Autor)

Leitura de carregamento do PT 219R

Sn =160kVA Un =0.4A Imax=173A Calibre do elo fusível= 8ª

Tabela 5: Demonstração do Índice de carga no PT 219R (Fonte: Autor)

	Geral	Saída 1	Saída 2	Saída 3
R	179.11	76.9	55.2	46.1
S	236.23	94.6	5.9	146.1
T	176.17	41.5	60.7	72.3

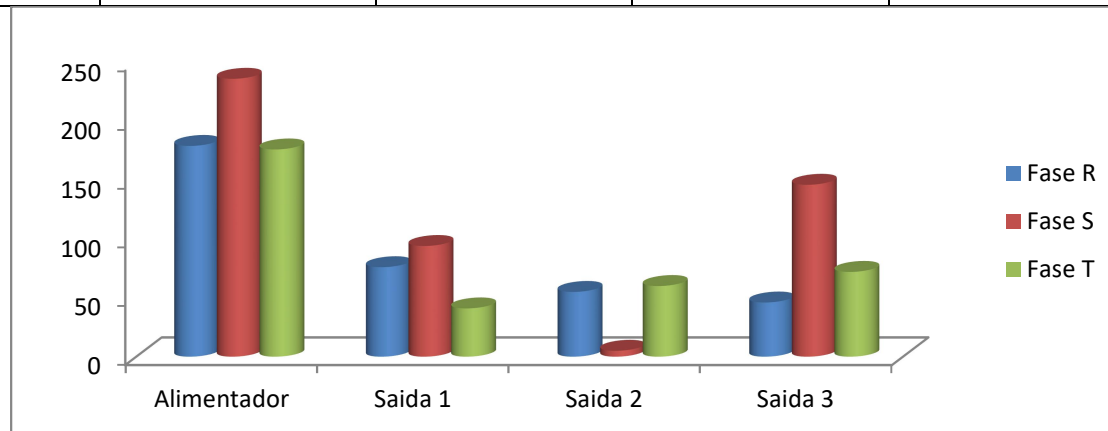


Gráfico 3: Intensidade eléctrica no QGBT do PT 219R (Fonte: Autor)

Para o cálculo da potência instalada considera-se os factores de correcção da potência nomeadamente:

- Factor de utilização (Fu) - Caracteriza o regime de um receptor, estabelecendo a relação entre a potência que se presume utilizada e a potência instalada.
- Factor de simultaneidade (Fs) - Caracteriza o regime de funcionamento de uma instalação.

O valor correspondente ao factor de utilização encontra-se no anexo 1, tabela A1-1

- E a taxa de crescimento (Tc) - para zona rurais estima-se um crescimento anual de 20% para um período de 5 anos.

$$0.7 \leq F_u \leq 0.4$$

O F_s depende do número de cargas alimentadas e é calculado da seguinte expressão:

$$F_s = 0.2 + \frac{0.8}{\sqrt{n}} \quad \text{Eq: 2}$$

Onde: n = número de casas

Tabela 6: Apresentação de dados do PT 101 (Fonte: Autor)

Carga	Quantidade	P_{inst} (kW)	F_u	F_s	P_{total} (kW)
Residências	1052	3,3	0.75	0.22	5728.14
Escola	1	5	0.75	1	3.75
Estabelecimentos comerciais	17	11.2	0.75	0.39	55.69
Igreja	2	2	0.75	0.76	2.28
Centro infantil	2	5	0.75	0.76	5.7
Farmácia	1	2.64	0.75	1	1.98

$$P_{res} = n \times P_{inst} \times F_u \times F_s \quad \text{Eq: 3}$$

A carga de várias residências será:

$$P_{res} = 1052 \times 0.75 \times 2.64 \times 0.242 = 504.07kW$$

A carga para escola será:

$$P_{esc} = 1 \times 5 \times 0.75 \times 1 = 3.75kW$$

A carga para estabelecimentos comerciais será:

$$P_{est} = 17 \times 4.64 \times 0.75 \times 0.39 = 23.07kW$$

A carga para Igreja:

$$P_{igr} = 2 \times 2.2 \times 0.75 \times 0.76 = 2.5kW$$

Para Centro infantil:

$$P_{cinf} = 2 \times 2.2 \times 0.75 \times 0.76 = 2.5 kW$$

A carga para iluminação pública:

$$P_{ilum} = 394 \times 0.1 \times 1 \times 0.24 = 9.45 \text{ kW}$$

Cálculo da potência activa total:

$$P_{total} = P_{res} + P_{est} + P_{igr} + P_{esc} + P_{lum}$$

$$P_{total} = 210.84 + 6.375 + 77.94 + 4.53 + 9.45 = 309.135 \text{ kW}$$

Potência aparente:

$$S_i = \frac{P_{total}}{\cos\phi} \quad \cos\phi = 0.8$$

Eq: 4

$$S_i = \frac{309.135}{0.8} = 386.41 \text{ KVA}$$

Tabela 7: Apresentação de dados do PT 979 (Fonte: Autor)

Carga	Quantidade	P _{inst} (kW)	Fu	Fs
Residências	575	3,3	0.75	0.23
Escola	1	5	0.75	1
Estabelecimentos comerciais	11	11.2	0.75	0.44
Igreja	1	2	0.75	1
Centro infantil	1	5	0.75	1

A carga de várias residências será:

$$P_{res} = 575 \times 0.75 \times 3.3 \times 0.23 = 327.31 \text{ W}$$

A carga para escola será:

$$P_{esc} = 1 \times 5 \times 0.75 \times 1 = 3.75 \text{ kW}$$

A carga para estabelecimentos comerciais será:

$$P_{est} = 11 \times 11.2 \times 0.75 \times 0.44 = 43.65 \text{ kW}$$

A carga para Igreja:

$$P_{igr} = 1 \times 2.2 \times 0.75 \times 1 = 1.65 \text{ kW}$$

Para Centro infantil: $P_{cinf} = n \times P_{inst} \times F_u \times F_s$

$$P_{cinf} = 1 \times 2.2 \times 0.75 \times 1 = 1.65 \text{ kW}$$

A carga para iluminação pública:

$$P_{ilum} = 394 \times 0.1 \times 1 \times 0.24 = 9.45 \text{ kW}$$

Cálculo da potência activa total:

$$P_{total} = P_{res} + P_{est} + P_{igr} + P_{esc} + P_{lum}$$

$$P_{total} = 210.84 + 6.375 + 77.94 + 4.53 + 9.45 = 309.135 \text{ kW}$$

Potência aparente

$$S_i = \frac{309.135}{0.8} = 386.41 \text{ KVA}$$

Tabela 8: Apresentação de dados do PT 219R (Fonte: Autor)

Carga	Quantidade	P _{inst} (kW)	F _u	F _s
Residências	601	3,3	0.75	0.23
Estabelecimentos comerciais	17	11.2	0.75	0.39
Igreja	1	2	0.75	1

A carga de várias residências será:

$$P_{res} = n \times P_{inst} \times F_u \times F_s$$

$$P_{res} = 601 \times 0.75 \times 3.3 \times 0.23 = 342.1 \text{ kW}$$

A carga para estabelecimentos comerciais será:

$$P_{est} = n \times P_{inst} \times F_u \times F_s$$

$$P_{est} = 17 \times 11.2 \times 0.75 \times 0.39 = 55.69 \text{ kW}$$

A carga para Igreja:

$$P_{igr} = n \times P_{inst} \times F_u \times F_s$$

$$P_{igr} = 1 \times 2.2 \times 0.75 \times 1 = 1.65 \text{ kW}$$

A carga para iluminação pública:

$$P_{ilum} = 394 \times 0.1 \times 1 \times 0.24 = 9.45 \text{ kW}$$

Cálculo da potência activa total:

$$P_{total} = P_{res} + P_{est} + P_{igr} + P_{esc} + P_{lum}$$

$$P_{total} = 210.84 + 6.375 + 77.94 + 4.53 + 9.45 = 309.135 \text{ kW}$$

Potência aparente

$$S_i = \frac{309.135}{0.8} = 386.41 \text{ KVA}$$

3.1.1.1 Cálculo do índice de carregamento dos PTs

Para o PT 101-315KVA

$\cos\varphi = 0.8$ (indutivo) $\phi = 36.87^\circ$

$U = 400V$ $I = 520.99A$

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

Eq: 5

$$S = 360.959 \text{ kVA}$$

$$\text{Carregamento} = \frac{S}{S_n} \times 100$$

Eq: 6

$$= \frac{360.959}{315} \times 100 = 114.59\%$$

Para o PT 979-250KVA

$U = 400V$ $I = 418.69A$

$$S = 290.1 \text{ kVA}$$

$$\text{Carregamento} = \frac{S}{S_n} \times 100 = \frac{290.1}{250} \times 100 = 116.27\%$$

Para o PT 219R-160KVA

$$U = 400V \quad I = 234.21A$$

$$S = 162.266kVA$$

$$\text{Carregamento} = \frac{S}{S_n} \times 100 = \frac{304.266}{160} \times 100 = 101.59\%$$

Tabela 9: Demonstração do Índice de Carga (%) (Fonte: Autor)

PT	Potência nominal (kVA)	Potência de carregamento	Nível de carregamento (%)
PT 157R	315	360.959	114.59
PT 101	250	290.1	98.247
PT 219	160	162.266	101.59%
Total	725	813.32	

Os PTs 979 e 101 apresentam um nível de carregamento acima do permitido, ou seja, estão sobrecarregados, deve-se descongestionar a carga para um PT novo, o mais viável seria adicionar mais um PT no centro de carga tendo em vista que trata-se de um bairro em desenvolvimento e que com a passagem do tempo a carga vai aumentar.

Sendo que, de acordo com estes dados o transformador encontra-se a funcionar acima da sua carga nominal, o que ocasiona um aquecimento excessivo nos enrolamentos do transformador, o que pode causar o desgaste do isolamento das bobinas trazendo uma grande probabilidade de ocorrer um curto-circuito entre os enrolamentos.

Existe também a questão de desequilíbrio entre fases, como pode ser visto nos gráficos 1, 2 e 3, o que origina o aumento considerável de perdas eléctricas e também a queda de tensão da rede de desequilibrada, comprometendo assim a qualidade da

energia eléctrica na habitação do consumidor.

3.1.1.2. Cálculo da carga remanescente

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

Conhecendo a potência remanescente para um índice de carregamento de 75%, obtém-se a potência dos novos PTs a instalar no bairro pela diferença entre a potência prevista em 10 anos e a potência remanescente dos PTs já instalados.

$$P_{rem} = P_{sup} \times 75\% \quad \text{Eq: 7}$$

Tabela 10: Carga remanescente e a transferir nos PTs (Fonte: Autor)

PT	Carga actual a suprir (kVA)	Carga remanescente (kVA)	Carga a transferir (kVA)	Nível de carregamento (%)
315	360.959	270.71	90.24	114.59
250	290.1	217.5	72.6	116.17
160	162.266	121.69	40.57	101.59
Total	813.32	609.8	203.42	-

Perspectiva de crescimento da carga

$$K_f = \left(1 + \frac{\alpha\%}{100}\right)^n \quad \text{Eq: 8}$$

- $\alpha \rightarrow$ É a taxa de crescimento da carga por ano dado em percentagem (Considerando um aumento de 5%).
- $n \rightarrow$ periodo considerado para crescimento dado em anos (Considerando um crescimento em 10 anos).

Assim a potência total será dada por:

$$S_t = S \times K_f \quad \text{Eq: 9}$$

$$S_t = S \times \left(1 + \frac{\alpha\%}{100}\right)^n \quad \text{Eq: 10}$$

$$S_t = 813.32 \times \left(1 + \frac{5\%}{100}\right)^{10} = 976.39kVA$$

$$S_{pt} = S_t - S_r \quad \text{Eq: 11}$$

$$S_{pt} = 867.39 - 609.8 = 257.59kVA$$

3.2. Proposta de solução do problema

O novo Posto de Transformação de 315 KVA/33/0.4 KV do tipo pórtico, será instalado com vista a aliviar os PTs que se encontram em regime de sobrecarga. A alimentação do novo PT será feita através de uma linha aérea de 33kV.

3.2.1. Características eléctricas do novo PT

Tabela 11: Apresentação de dados do PT a instalar (Fonte: Autor)

Potência	315kVA
Tensão no primário	33KV
Massa total	1350 Kg
Tensão no secundário em vazio	400V
Tensão de curto-circuito	4,9%
Impedância	4,39%

3.2.2. Escolha do condutor de média tensão

A selecção dos condutores de média tensão deve obedecer as três condições necessárias impostas pelo regulamento a serem satisfeitas de modo a obter a secção do condutor ideal nomeadamente:

- Condições de corrente de serviço;
- Condições de queda de tensão;
- Condições de aquecimento.

- I. Cálculo da secção pelo critério da intensidade máxima admissível ou de aquecimento

Segundo o RTIEBT 433, verifica-se a seguinte condição para o dimensionamento das secções e protecções se deverá obedecer as seguintes condições:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z \rightarrow 1^a \text{ Condição}$$

$$I_n \leq 1,45 \times I_Z \rightarrow 2^a \text{ Condição} \quad \text{Eq: 12}$$

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} \times U_n} \quad \text{Eq: 13}$$

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

$$I_Z = I_{max} \times \beta \times \gamma \rightarrow I_{max} = 111A \quad \text{Eq: 14}$$

Os factores de correcção β e γ podem ser encontrados no anexo 2 figuras A2-2 e A2-3 respectivamente.

$$I_Z = 111 \times 0.95 \times 0.93 = 98.068A$$

$$I_n \leq 1,45 \times 98.068 = 142.198$$

$$5.512A \leq 142.198A \rightarrow \text{Condição confirmada!}$$

Logo a secção segundo a tabela C-1 no anexo C é de $S_n = 20mm^2$.

II. Verificação da secção escolhida pelo critério da queda de tensão:

$$\Delta U = 7\% \times U_n \quad \text{Eq: 15}$$

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

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

$$3.73 \times 10^{-6} \leq 2310 \text{ Condição confirmada!}$$

III. Verificação da Secção escolhida pelo critério da corrente de curto-circuito:

$$I_{max} \geq \frac{I_n}{\beta \times \gamma} \quad \text{Eq: 16}$$

$$111A \geq 6.26.24A \text{ Confirmada!}$$

3.2.3. Selecção do cabo alimentador do QGBT

$$I_s \leq I_N \leq I_Z \rightarrow 1^a \text{ Condição}$$

$$I_n \leq 1,45 \times I_Z \rightarrow 2^a \text{ Condição}$$

$$I_s = \frac{S}{\sqrt{3} \times U_n} = \frac{315}{\sqrt{3} \times 0,4} = 454,66A$$

$$I_{max} = 463A \quad I_Z = I_{max} \times \beta \times \gamma$$

Assim:

$$I_Z = 454 \times 0,75 \times 0,93 = 329,89A$$

$$I_n \leq 1,45 \times 329,89 = 454,66A$$

$$454,66A \leq 11,45 \times 329,89 \rightarrow \text{Condição confirmada!}$$

O cabo a usar segundo a tabela A3-2 no anexo 3 é LVAV ($3 \times 185mm^2 \times 95mm^2$).

3.2.3. Dimensionamento dos barramentos de ligação

Os barramentos donde partirão as saídas de distribuição deverão suportar uma sobrecarga de 20%, assim:

$$\begin{aligned} S_t &= S_n + 20\% \times S_n && \text{Eq: 17} \\ &= 315 + 0,2 \times 315 = 378kVA \end{aligned}$$

$$I_s = \frac{S_t}{\sqrt{3} \times U_n} = \frac{378 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400} = 545,59A$$

$K_{cu} = 159$ O factor térmico do cobre pode ser encontrado no anexo C figura C-2.

$$S_n = 315 \text{ kVA} \quad U_n = 400V \quad f = 50Hz \quad t = 0,5s$$

$$m = f(k; t) = (1,8; 0,5) = 0,09 \quad n = \left(\frac{Ik''}{Ik} ; t \right) = 0,62$$

$$I_{th} = I_{cc} \times \sqrt{m + n} \quad \text{Eq: 18}$$

Os valores de m e n encontram-se nos anexos 4, gráfico A4-1 e gráfico A4-2 respectivamente.

$$I_{th} = 23.52 \times \sqrt{0.09 + 0.62} = 28.99\text{kA}$$

$$S_{min} = \frac{I_{th}}{k} \times \sqrt{t} \quad \text{Eq: 19}$$

$$S_{min} = \frac{28.99}{159} \times \sqrt{0.5} = 128.92\text{mm}^2$$

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} \times U_n \times \text{Cos}\varphi} = \frac{315 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.8} = 454.66\text{A}$$

A corrente do secundário é de 454.663 A, e pela tabela mostrada no anexo 5 tabela A5-1, o valor padronizado imediatamente superior a 454.66A é de 796A sendo que para esta corrente têm-se uma barra com dimensões $12\text{mm} \times 10\text{mm}$ secção padronizada é de 120mm^2 .

3.2.4. Dimensionamento das protecções no lado B.T

$$I_s \leq I_n \leq I_z \rightarrow 1^{\text{a}} \text{ Condição}$$

$$I_n \leq 1,45 \times I_z \rightarrow 2^{\text{a}} \text{ Condição}$$

$$I_s = 454.66\text{A} \quad I_n = 500\text{A}$$

Da tabela das características dos fusíveis no anexo C tabela C-1 $I_z = 800\text{A}$

Sendo a corrente máxima admissível actualizada tendo em consideração os factores de agrupamento e temperatura a 35°C , fornecida no anexo 2 tabelas A2-1 e A2-2 respectivamente, tem-se:

$$I_{z\text{corrigido}} = I_z \times FC1 \times FC2 \quad \text{Eq: 20}$$

$$I_{z\text{corrigido}} = 800 \times 0.8 \times 0.94 = 601.6\text{A}$$

Verificação das condições:

$$454.66 \leq 500 \leq 601.6 \rightarrow 1^{\text{a}} \text{ Condição satisfeita!}$$

$$I_n \leq 1,45 \times I_z$$

$$500 \leq 1,45 \times 601.6 \rightarrow 500 \leq 872.32 \text{ A } 2^{\text{a}} \text{ Condição satisfeita!}$$

As saídas de baixa tensão serão executadas em cabo LVAV $3 \times 185\text{mm}^2 + 95\text{mm}^2$ até ao primeiro poste da rede de baixa tensão aérea. A protecção das saídas será feita por fusíveis de baixa tensão de alto poder Corte (APC), do tipo NH $I_n = 500\text{A}$.

De acordo com o anexo 6, figura A6-2 o corte geral será feito por um disjuntor de 630A.

3.2.5. Dimensionamento dos pára-raios

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

$$U_m = 1.1 \times U_n$$

Eq: 21

$$U_m = 1.1 \times 33 = 36.3\text{kV}$$

Onde:

U_m → Tensão do pára-raios em kV;

U_n → Tensão nominal da linha em kV.

Capacidade para suportar a sobre tensão temporária

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

$$TOV_{max} = \frac{U_m}{\sqrt{3}} \times EFF$$

Eq: 22

$$TOV_{max} = \frac{36.3}{\sqrt{3}} \times 1.4 = 29.34\text{kV}$$

Tensão máxima de operação contínua (MCOV):

$$MCOV = TOV_{max} \times 0.8$$

Eq: 23

$$MCOV = 29.34 \times 0.8 = 23.473kV$$

Capacidade de absorção do para raios (K_t):

$$k_t = \frac{TOV_{max}}{MCOV} (pu) \quad \text{Eq: 24}$$

$$k_t = \frac{29.34}{23.473} = 1.25(pu)$$

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

$$U_{resid} = \frac{MCOV}{0.8} \times 3.3 \quad \text{Eq: 25}$$

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

Margem de protecção do para raios

$$PM = \left(\frac{BIL}{U_{res}} - 1 \right) \times 100\% \quad \text{Eq: 26}$$

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

$$PM = 106.6\%$$

Pode-se verificar no anexo E tabela E-2 que a tensão nominal dos Pára-raios a instalar foi estipulada em função do nível de tensão da rede assim como do seu regime do neutro, ou seja, se é isolado, ligado directamente à terra, com uma capacidade de 10 kA.

3.2.6. Dimensionamento dos Drop- Outs

Os drop-outs (LINKS) serão escolhidos em função do nível de tensão da instalação e da capacidade do transformador que se destina a proteger. Tendo em conta que a corrente de serviço de MT será:

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} \times U_n} = \frac{315 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 33 \times 10^3} = 5.5A$$

Da tabela A6-4 mostrada no anexo 6, o LINK a usar é de 6 A.

3.2.7 Sistema de aterramento

Dados medidos

Tabela 12: Medições em campo (Fonte: Autor)

Espaçamento	Resistência eléctrica medida (Ωm)		
	1	2	3
2	92,3 Ω	93,3 Ω	92,4 Ω
4	37,0 Ω	37,8 Ω	37,4 Ω
6	23,3 Ω	23,9 Ω	22,1 Ω
8	18,1 Ω	18,5 Ω	17,6 Ω

Dados calculados

Tabela 13: Cálculo da resistividade (Fonte: autor)

Espaçamento	Resistividade eléctrica medida (Ωm)		
	1	2	3
2	184,6	186,6	184,8
4	148	151,2	149,6
6	139,8	143,4	132,6
8	144,8	148	149,8

Foram feitos cálculos da média aritmética dos valores da resistividade eléctrica para cada espaçamento.

$$\rho_M = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \rho_i(a_i)$$

Eq: 27

Tabela 14: Valor médio de cada espaçamento e desvio relativo de cada medida (Fonte: Autor)

Espaçamento	Desvios relativos (%)			Resistividade média (Ωm)	Resistividade média recalculada (Ωm)
	1	2	3		
2	0,39	0,68	0,28	185,33	-
4	1,06	1,06	0	149,6	-
6	0,86	3,46	4,32	138,6	-
8	1,85	0,31	1,53	147,533	-

$$\frac{|\rho_i(a_i) - \rho_M(a_j)|}{\rho_M(a_j)} \times 100 \geq 50\%$$

Eq: 28

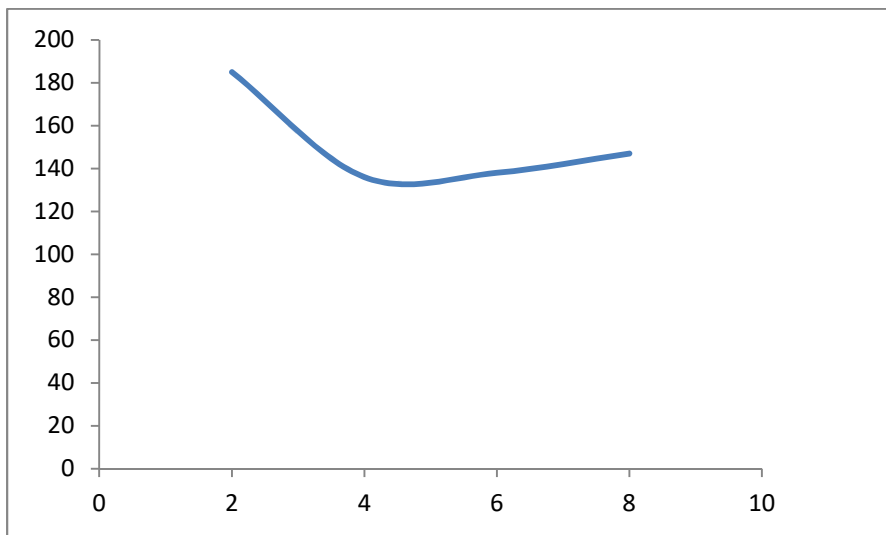


Gráfico 4: Curva K x h (Fonte: Autor)

$a_1=1.5m$ $a_2= 2m$

$$\frac{\rho a}{\rho} = \frac{80}{100} = 0.8 \quad \frac{\rho a}{\rho} = \frac{70}{100} = 0.7$$

Tabela 15: Cálculo da resistividade (Fonte: autor)

$a_1 = 1.5 \frac{\rho(a_1)}{\rho_1} = 0.8$		
K	$\frac{h}{a}$	h(m)
-0,1	-	-
-0,2	0.48	0.72
-0,3	0.66	0.99
-0,4	0.81	1.22
-0,5	0.95	1.43
-0,6	1.00	1.50
-0,7	1.09	1.64
-0,8	1.17	1.76
-0,9	1.22	1.83
-1,0	1.23	1.85

$a_2 = 2 \frac{\rho(a_1)}{\rho_1} = 0.7$		
K	$\frac{h}{a}$	h(m)
-0,1	-	-
-0,2	0.21	0.42
-0,3	0.47	0.94
-0,4	0.6	1.20
-0,5	0.7	1.40
-0,6	0.8	1.60
-0,7	0.87	1.74
-0,8	0.93	1.86
-0,9	1.00	2.00
-1,0	1.05	2.10

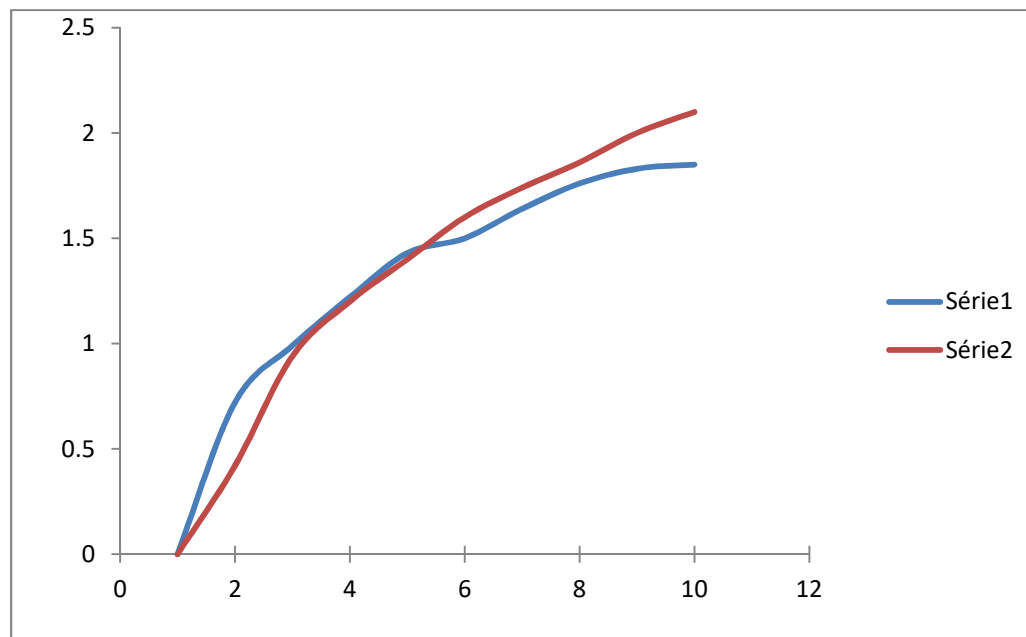


Gráfico 5: Curva K x h (Fonte: Autor)

$$k = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_1 + \rho_2} \leftrightarrow \rho_2 = \rho_1 \times \frac{k + 1}{1 - k} \leftrightarrow \rho_2 = 100 \times \frac{(-0.52 + 1)}{1 + 0.52} = 31.58 \Omega m$$

3.2.7.1 Cálculo do número de hastes

As hastes serão enterradas à uma profundidade de 0,2m devido a rigidez do solo, onde tem uma resistividade aparente de 100Ωm. Serão usadas hastes de terra com comprimento de 2m, diâmetro $\frac{1''}{2}$ o que equivale a $2,54 \times 10^{-2}$ e igualmente espaçadas linearmente entre si numa distância de 3m.

$$R_{1haste} = \frac{\rho_a}{2\pi L} \ln\left(\frac{4L}{d}\right) \quad \text{Eq: 29}$$

$$R_{1haste} = \frac{\rho_a}{2\pi \times 2} \ln\left(\frac{4 \times 2}{2,54 \times 10^{-2}}\right) = 0,458\rho_a = 45,8\Omega$$

Cálculo de hastes para uma resistência máxima de 10Ω para terra de serviço

$$R_{eq} \leq K \times R_{1haste} \quad \text{Eq 30}$$

$$R_{eq} = K \times R_{1haste} \leq 10\Omega$$

$$K = \frac{R_{eq}}{R_{1haste}} = \frac{10}{45,8} = 0,218$$

Cálculo de hastes para uma resistência máxima de 20Ω para terra de protecção

$$R_{eq} \leq 20\Omega$$

$$R_{eq} = K \times R_{1haste} \leq 20$$

$$K = \frac{R_{eq}}{R_{1haste}} = \frac{20}{45,8} = 0,437$$

Segundo a tabela de hastes paralelas em anexo 8 tabela A8-1, devem ser enterradas três hastes.

3.3. Características de montagem

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

$d = 40m$ (vão de montagem);

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

F = Flecha mínima de montagem

Flecha mínima de montagem

$$F = \frac{14.84 \times 10^{-3} \times 40^2 \times 95}{8 \times 464.83} = 0.464m$$

Cálculo da profundidade de encastramento dos apoios

$$P_e = 0.5 + 0.1 \times 9 = 1.4m \text{ para baixa tensão}$$

$$P_e = 0.5 + 0.1 \times 12 = 1.7m \text{ para média tensão}$$

Cálculo das espias

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

Esforços mecânicos

A instalação de uma rede aérea tensa em apoios é condicionada por vários factores nomeadamente:

- Pesos de condutores;
- Distância entre apoios;
- Acção do vento.

3.4 Especificações técnicas dos materiais

Condutor

O condutor utilizado para a linha de média tensão em 33kV é o AAAC

- Possui maior resistência à corrosão,
- Boa resistência mecânica
- Baixa resistência eléctrica. Apresenta as seguintes características:

Secção nominal (S)20 mm²

Resistência quilométrica a 20° C0,2199 Ω/km

Diâmetro do condutor.....15,95 mm²

Temperatura de operação.....75° C Coeficiente de temperatura

Rede de MT

Entre o secundário do transformador e o quadro geral será usado o cabo de 3 mono condutores LVAV de secção 150mm².

Rede de BT

Para a rede de distribuição em baixa tensão em 230V/400V foi utilizado o cabo torçado de 5 condutores de alumínio, ABC 4 x 95mm² + 16mm², isolados por XLPE, pode-se ver o anexo 3, Tabela A3-3.

Apoios

Serão usados tanto do lado de média assim como de baixa tensão apoios de madeira de eucalipto creosotado, de 12 metros de comprimento e diâmetro no topo de 180 à 200 mm para a linha de média tensão e para a rede de baixa tensão um apoio de 9 metros com respectivo diâmetro no topo que varia entre 140 e 160 mm.

Os apoios de média tensão devem ser instalados em intervalos de distância máxima entre eles de 70 metros, que se encontra dentro dos parâmetros conforme já foi calculado. Para o caso de apoios de distribuição em baixa tensão a distância máxima

entre apoios aplicada deve ser de 50 metros que também está dentro de distâncias recomendadas.

Deve-se ter em conta os vãos e flechas, visto que as linhas de transmissão poderão atravessar ruas, avenidas que são locais onde circulam camiões e que não poderão derrubar as linhas de transmissão.

Isoladores de cadeia (33KV)

Os isoladores de cadeia consistem no isolamento dos condutores a quando da fixação destes apoios. É constituída por acessórios metálicos para ligar nas duas extremidades ao apoio e aos condutores. Deve-se colocar os isoladores de cadeia em todos os apoios onde se tem desvios das linhas juntos com as pinças de amarração e também são colocados nas curvas das linhas de transmissão. A montagem das pinças de amarração pode ser vista o Anexo 10, figura A10-1.

Isoladores de apoio (33KV)

Serão montados os isoladores de apoio de porcelana nos postes, para evitar a passagem de corrente eléctrica do condutor ao apoio ou para o suporte e sustentar mecanicamente os cabos, barramentos, etc. Colocam-se nos postes e cada poste deve possuir três (3) isoladores de apoio. A montagem do isolador de apoio pode ser e esteira vertical e horizontal, coo pode ser visto no Anexo 12, figura A12-1.

Drop-outs

Para o pórtico de protecção do ramal usar-se-ão drop-outs da marca AB-CHANCE com as seguintes características técnicas:

Tensão nominal: 36KV Corrente nominal: 100 A; Capacidade de corte: 8 KA; Tensão de choque: 150 KV; Nível Básico de Isolamento (BIL): 200 KV.

A montagem dos drop-outs pode ser vista o Anexo 12, figura A12-1.

Pára-raios (33KV)

Serão colocadas nas linhas de transmissão de 33KV para a protecção das linhas

contra descargas atmosféricas, acções de chuva, de modo que sejam descarregadas directamente para a terra e não nas linhas evitando a destruição das mesmas. A montagem dos pára-raios pode ser vista o Anexo 12, figura A12-1.

Cabo de espia

De modo a garantir maior estabilidade dos apoios e sustentar os esforços que atuam em um único lado para apoios de fim de linha ou em direcções concorrentes em apoios de ângulo, assim como em apoios de alinhamento ou de ângulo nos quais se faça uma derivação, há uma necessidade de aplicar espias para o efeito.

A espia é usada suportando a tensão do lado oposto da carga a ser sustentada, sendo que houveram situações em que não havia condições de aplicar espias, nestes casos recorre-se às escoras, a base de apoios de madeira de eucalipto creosotados, colocados para suportar os esforços estando do mesmo lado que a origem desse esforço. O apêndice 8 ilustra um apoio com espia e outro com escora.

Usar-se-á o cabo de aço encordado de secção 52 mm² para o espionamento dos apoios em MT e 25mm² em BT usando ligadores especiais para este fim.

Os isoladores de espia a serem usados serão do tipo SAG 1075/ELC de porcelana ilustrada Anexo 17, figura A17-1.

Ligador Bimetálico

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

Acessórios para linhas MT e BT

Ligadores de derivação Usar-se-ão ligadores de derivação de código 331786786 da SOLIKAP, destinados a derivação de cabos principais de secção 16 a 25 mm² em PC1

e 35 a 95mm² em PC3.

Ganchos de alinhamento

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

Travessa e seus parafusos de fixação

As travessas são feitas de ferro galvanizado, e terão um comprimento de 2,4m para os apoios de alinhamento, ângulo e fim de linha, exceptuando as dos pórticos que deverão possuir entre 2.6m e 3m de comprimento, as travessas são fornecidas com duas porcas M16.

As pinças de amarração em BT- Servem para amarrar cabos isolados de ligação e para amarração dos corpos metálicos para a fixação em baixadas. Em todas as baixadas deveram ser montadas as pinças de amarração. As pinças de amarração em BT deverão ser fabricadas para suportar dois condutores de secção até 4x95+35 mm², com ganchos para paredes ou para alinhamento ou mesmo pequenos ângulos.

Pinças de amarração em MT- São constituídos de corpo em material plástico de alta resistência mecânica e as intempéries, hastes em aço electrozincado (AZ), ou galvanizado (AG), ou aço inox (AI). O corpo deverá ser feito com material de alumínio resistente a corrosão e aplicável com parafuso M16. A montagem das pinças de amarração pode ser vista o Anexo 10, figura A10-1.

Pinças de suspensão em BT-As pinças de suspensão são constituídas de corpo metálico e núcleo em borracha de alta resistência mecânica, climatérica e dieléctrica. As borrachas (que estão incorporadas nas pinças de suspensão) deverão pressionar adequadamente o cabo e evitar possíveis danificações do isolamento do cabo.

As pinças de suspensão de cabo torçado deverão suportar condutores até 4x95+25 mm², instalados em ganchos de suporte (espigão) em postes de madeira deverão ser fixados ao poste através de um parafuso de M14 ou M16 ou fita de aço inox.

Quadro geral de baixa tensão

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

- Disjuntor de BT tetra polar de 630A da marca "SACE " do tipo N ou SN-630, munido de um relé de R-630 A;
- Fusível de alto poder de corte (APC) do tipo "NH" 650A para protecção das saídas;
- Barramentos;
- Fotocélula para comando de iluminação pública cujo esquema é apresentado no Anexo 18;
- Contador de energia total e contador de energia de iluminação pública;
- Transformador de intensidade 500/5.

Encastramento dos Apoios no Solo

Os apoios serão implantados directamente no solo e atacados simplesmente com pedra solta e areia.

Sistema de aterramento

O aterramento usado é do tipo TT, o qual contém dois circuitos, um destinado ao aterramento de serviço e outro de protecção.

Terra de Serviço

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

Terra de Protecção

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

Condutores de Terra

Utilizar-se-á cabo de cobre nú de 16 mm^2 de secção até ao ligador amovível, situado na base do pórtico, e cabo de 35 mm^2 de secção deste até ao eléctrodo de terra, no interior do solo. No último metro antes de penetrarem no solo e 0,5 metros dentro deste, os condutores de terra devem ser protegidos mecanicamente por um tubo adequado, com um comprimento de 1,5 metros.

Eléctrodos de Terra

Quer o eléctrodo da terra de protecção quer o da terra de serviço, serão constituídos por varões próprios para este fim, os eléctrodos deverão ser enterrados no solo a uma profundidade mínima de 0.8 metros. Os elementos que constituem o mesmo eléctrodo deverão distanciar-se uns dos outros 2 a 3 metros como se pode ver no anexo H figura H-1, sendo que número de elementos por eléctrodo depende da resistência do solo.

As hastes de terra com as seguintes dimensões com comprimento 2m, 2" diâmetro e igualmente espaçadas linearmente entre si numa distancia de 3m, sendo que o sistema de terra de protecção será constituído por 6 hastes e o sistema de terra de protecção 3 hastes de modo a garantir um mínimo de 10Ω e 20Ω de resistência respectivamente.

Terra dos Pára-raios

A terra dos pára-raios deverá ser ligada somente ao terminal de terra dos pára-raios, não havendo possibilidade de se executar uma terra própria para os pára-raios. Estes também serão ligados á terra de protecção. A ligação dos pára-raios deve ser feita directamente ao condutor principal da terra, e não por intermédio de qualquer outra massa metálica.

Estrutura do posto de transformação

O tipo de posto de transformação escolhido é do tipo M2, porque de um ponto de vista técnico é o mais recomendado devido a sua potência superior a 100KVA, que será alojado sobre uma base de alvenaria por causa do seu peso, mais detalhes podem ser observados no Anexo 15, figura A15-1.

Alojara o Quadro de Baixa Tensão, sendo a sua construção executada de forma a suportar o peso do Transformador. O Quadro de Baixa Tensão será protegido através de uma porta metálica, providos de uma fechadura para dificultar o acesso as pessoas não autorizadas.

Vedação do PT

O PT será instalado no exterior, quando qualquer dos dispositivos integrantes das instalações exteriores em que seja perigoso tocar diste do solo menos de 6 m, deve existir, em redor daquelas instalações, uma vedação, com a altura mínima de 1,80 m, munida de portas que se fechem à chave. Esta vedação será feita por meio de uma rede metálica de tubarão. A vedação do PT com rede estará ligada com terra. A montagem esta apresentada o Anexo 16, figura A16-1

Transformador de Potência

O Transformador de Potência a instalar neste Posto de Transformação aéreo será da marca GEC, para montagem exterior para climas tropicais, banhados a óleo, arrefecimento natural e com as seguintes características:

Potência Nominal – 315KVA

Tensão Nominal no primário – 33KV

Tensão Nominal no secundário – 400/220V

Frequência – 50Hz

Impedância – 4,39%

Massa total – 1350 Kg

Será montado no centro de carga para reduzir a distância das cargas, a qual possa originar quedas excessivas de tensão se for uma distância elevada. Assim reduz-se as perdas de potências nas linhas de transmissão.

4. CAPÍTULO IV – ORÇAMENTO

Tabela 16: ORÇAMENTO

ORD	Designação de Materiais	Unid	QTD	Custo unit. (MTs)	Custo (MTs)	Total
1	Transformador (315KVA)	un	1	773,538.60	773,538.60	
2	Quadro geral de Baixa Tensão de 160A	un	1	244,081.35	244,081.35	
3	Cabo LVAV (3 x 95 +50)mm ²	m	15	8,285.09	124,276.35	
5	Poste de madeira de 12,25Mx0,16/0,18	un	17	13,376.31	227,397.20	
7	Cadeias de Isoladores c/ Acessórios	un	15	2,190.13	32,852.02	
8	Pinça de amarração	un	15	1,221.78	18,326.76	
9	Isoladores horizontais c/ pernos	Un	18	3,511.77	63,211.80	
10	Perfil "U" de 100x50x8mm (3m)	Un	4	9,659.78	38,639.11	
11	Perfil "L" de 80x80x8mm (2.8m) c/ cruzetas e Acessórios	Un	7	12,317.75	86,224.24	
12	Bases de drop-outs	Un	3	8,873.56	26,620.68	
13	Para-raios 36kv	Un	3	8,397.16	25,191.48	
14	Escorra MT	Un	1	13,450.22	13,450.22	
15	Espia completa MT	Un	2	12,961.87	25,923.74	
16	Eléctrodos de terra	Un	6	861.14	5,166.84	
17	Condutor de cobre nu 35mm ²	M	50	457.27	22,863.50	
18	Terminais bimetálicos de 35mm ²	Un	6	315.59	1,893.54	
19	Condutor de liga de Al Pine AAAC 150 mm ²	M	1,375	83.50	114,812.50	
25	Parafusos M20x400x100	Un	10	743.48	7,434.80	
27	Maciço	M	1	50,312.50	50,312.50	
24	Aço para espia do Poste	M	30	162.36	4,870.80	
28	Vedação	Un	1	31,080.03	31,080.03	
SUBTOTAL – I					1,963,076.66	

Tabela 17: ORÇAMENTO

II. REDE DE BAIXA TENSÃO (1,7 Km)					
	Designação de Materiais	Un	QTD	Custo unit. (MTs)	Custo Total (MTs)
28	Poste de madeira de 9m x 0,14/0,16	Un	63	7,230.90	455,546.96
29	Cabo torçado ABC 3x50+55+25mm ²	M	42.00	456.33	19,165.86
31	LGS- Luminaria Florescente 2x40w	un	18	12,338.24	222,088.23
32	Braço 1.5m	un	18	1,638.00	29,484.00
33	Fio PCN	m	36	100.00	3,600.00
34	Pinças de amarração PAB/1500 4X50mm ²	un	16	729.17	11,666.68
35	Pinças de suspensão P/B PS 3035 - 4x50mm ²	un	29	589.28	17,089.18
36	Ferro de argola	un	34	838.46	28,507.54
37	Ligadores de Garra PC3/WP1F	un	40	64.58	2,583.20
38	Ligadores de Garra PC2/WP2F	un	0	74.05	-
39	Ligadores de garra PC1/WP3F	un	0	278.90	-
40	Escorra	un	2	7,230.90	14,461.81
41	Espia complete	un	10	5,972.59	59,725.93
SUBTOTAL – II					863,919.39
SUBTOTAL A - CUSTO TOTAL DE MATERIAIS (I+II)					2,826,996.05

Tabela 18: ORÇAMENTO

B - MAO DE OBRA				
Descrição	Qtd		Valor	Valor Total (MTs)
Mao de Obra 10%	1		283,216.29	283,216.29
SUBTOTAL – B				283,216.29
C - TRANSPORTE				
Descrição	Qtd		Valor	Valor Total (MTs)
Transporte 5%	1	1	6,458.69	6,458.69
Abertura de valas, resselagem, etc (Colocar os valores reais dos empreiteiros)	1	1		0.00
Aluguer de camiões, maquinas, etc (colocar valores reais dos serviços)	1	1		0.00
SUBTOTAL – C				141,608.14
RESUMO				
Soma (A + B + C)				3,251,820.48
IVA 17%				553,687.84
TOTAL GERAL				3,805,508.91

5. CAPÍTULO IV-CONCLUSÃO

Para o estudo de melhoramento de energia eléctrica cada caso deve ser avaliado tendo em conta que as características das cargas variam.

Há sobrecarga nos transformadores pois excede-se o limite da potência que os transformadores permitem em regime normal. Segundo as leituras de carregamento feitas nos PTs encontram-se a funcionar acima da carga nominal o que ocasionará um aquecimento excessivo nos enrolamentos do transformador causando desgaste do isolamento aumentando a possibilidade de ocorrência de curto-circuitos.

O desequilíbrio entre as fases nas saídas origina um aumento considerável de perdas eléctricas aumentando as quedas de tensão de forma que a tensão chegue ao consumidor em níveis não desejáveis afectando assim a sua qualidade.

Concluiu-se que:

- Há uma necessidade de fazer o dimensionamento tendo em conta os materiais e regulamentos aprovados para evitar situações como, sobrecargas dos transformadores, erros no dimensionamento de cabos, fusíveis e disjuntores, o que pode causar aquecimento excessivo resultando em perdas técnicas, ausência de sistema de aterramento que pode causar danos irreversíveis aos equipamentos e perda de vidas.
- Torna-se importante estudar a viabilidade económica do projecto quanto aos postes de madeira em MT e BT para a distribuição, deve-se avaliar o tipo de solo que cada região onde se pretende implantar tem, por exemplo, nalgumas ruas no bairro zona verde c, passa o rio Mulahuze e conseqüentemente o solo é húmido, característica que contribui para o desgaste e apodrecimento dos postes de madeira com facilidade.
- Deve-se preparar a terra pois, com um bom dimensionamento de terra de aterramento poderá se reduzir ou até mesmo eliminar o risco que pode resultar em danos materiais e perda de vidas humanas.

5.1 RECOMENDAÇÃO

De forma periódica devem ser feitas medições das tensões no quadro geral de distribuição e verificar se as tensões não poderão exceder 250/433 V, simples e composta respectivamente, de acordo com o R.S.I.U.E.E. no seu art. 7

Recomenda-se também que se faça manutenção preventiva da rede, com vista a garantir uma rede de boa qualidade, garantindo segurança aos moradores e boa qualidade de serviço da rede.

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

Deve-se realizar um plano de limpeza regular e manutenção dos PTs, pois os PTs nesse bairro encontram-se cheios de impurezas como poeiras e resíduos sólidos.

Recomenda-se também a realização de manutenção dos transformadores com vista a verificar o nível de óleo e a sua qualidade.

Recomenda-se a se utilizar como medida preventiva o dimensionamento adequado das cargas, a instalação de cabos de protecção adequados, um sistema de aterramento, um sistema de pára-raios com a devida terra de protecção, a instalação de dispositivos de protecção que poderão eliminar o acidente em um tempo inferior que possa causar riscos maiores de vida às pessoas ou ao menos minimizar seus efeitos.

5.2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]-Kindermann, Geraldo e Campagnolo, Jorge Mário, 1995 – Aterramento Eléctrico, 4ª edição, Sagra – D.C. Luzzato Editores
- [2]-Mamede Filho, João – Instalações Eléctricas Industriais, 7ª edição, LTC — Livros Técnicos e Científicos Editora
- [3]-Mamede Filho, João, 2013 – Manual de equipamentos eléctricos, 4ª edição, Rio de Janeiro, LTC Livros Técnicos e Científicos Editora
- [4]-Manual de Montagem de Postos de Transformação Rurais da EDM, de Julho de 2006
- [5]-Manual de montagem de postos de transformação rurais junho, 2006 – EDM, Maputo
- [6]-Manual Montagens de Linhas (M1) da EDM, de Julho de 2006
- [7]-Ministério da economia de Portugal, Regulamento de Segurança de Redes de Distribuição de Energia Eléctrica de Baixa Tensão; Decreto n.º 42 895.
- [8]-Regulamento de Segurança das Linhas Aéreas de Alta Tensão de Energia, Acessado em 12/05/2024, às 12:20h.
- [9]-Regulamento de Segurança de Instalações de Utilização de Energia Eléctrica, Decreto-lei no 740/74 de 26 de Dezembro, alterado pelo Dec. Lei no 303/76 de 26 de Abril e pelo Dec. Reg. No 77/90 de 12 de Março.
- [10]- Regulamento de Segurança de Redes de Distribuição de Energia Eléctrica em Baixa Tensão.
- [11]- SOLIDAL, Condutores Eléctricos, 2007 – Guia Técnico; 11ª Edição.
- [12]- Solidal, Q. & Q. (2007). Guia Técnico. Solidal - Condutores Eléctricos, S.A., Quintas & Quintas - Condutores Eléctricos, S.A, 10ª Ed., p. 12, p.92, pp. 214-255.

5.3. OUTRAS BIBLIOGRAFIAS

- [13]- <https://www.Elandcables.com>, 4 de Maio de 2024
- [14]- <https://www.alcobre.pt>, 4 de Maio de 2024
- [15]- <https://www.prismian Group.com>, 27 de Março de 2024

ANEXOS

Anexo 1: Esquema eléctrico simplificado de PT e Factor de utilização para as instituições públicas

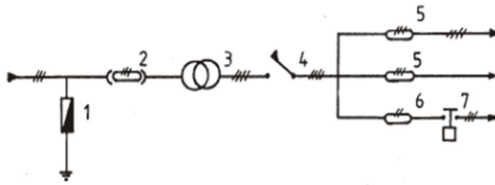


Figura A1.1-1: Esquema eléctrico simplificado (Fonte: Manual de Montagem de Postos de Transformação Rurais, EDM)

- 1-- Pára-raios
- 2- Drop-out
- 3- Transformadores de potência MT/BT
- 4- Disjuntor de baixa tensão
- 5- Fusíveis APC de baixa tensão
- 6- Fusíveis de iluminação pública
- 7- Contactor da iluminação pública

Tabela A1.2-1: Factor de utilização para as instituições públicas (Fonte: RTIEBT)

Instituições públicas	Coeficiente
Escola	0.75
Jardim infantil	0.75
Administração	
Restaurantes	0.75
Super mercado	0.6
Talho	0.5
Lojas de mercadorias industriais	0.75
Salão	0.6
Iluminação pública	1

Anexo 2: Factores de correcção γ , β e factor térmico para dimensionamento de cabos

Tabela A2.1-2: Factor de correcção para cabos instalados ao ar (β) (Fonte: Fonte: Guião técnico- Solidal)

Número de cabos		3	6
	Cabos com pequeno afastamento	0,95	0,90
	Cabos encostados	0,80	0,75

Tabela A2.2-2: Factor de correcção para temperaturas ambientes diferentes (γ) (Fonte: Fonte: Guião técnico- Solidal)

Temperatura ambiente °C		5	10	15	20	25	30	35
	Tensão nominal até 4,8/7,2 kV	1,15	1,10	1,05	1,00	0,94	0,88	0,82
	Tensão nominal 7,2/12kV	1,20	1,13	1,07	1,00	0,93	0,85	0,76

Tabela A2.3-2: tabela do factor térmico dos condutores (Fonte: Geraldo Kindermann, 1995)

Factor K	
Condutores nus em cobre	150
Condutores nus em alumínio	104
Condutores nus em liga de alumínio	97

Anexo 3: Tabelas utilizadas para correntes máximas e secções de cabo BT

Tabela A3.1-3: Correntes máximas admissíveis em condutores nus, de alumínio (Fonte: RSRDEEBT Decreto-Lei n.º 422/75, de 11 de Agosto)

Secção nominal (mm ²)	Intensidade máxima de corrente máxima admissível (A)
20	111
25	125
40	175
60	227
85	284
110	336
160	432

Tabela A3.2-3: Secções dos cabos de baixa tensão do tipo NYBY. (Fonte: Manual EDM)

Potência do transformador (kVA)	Corrente secundaria (A)	Secção (mm ²)	Corrente admissível (A)
30	43,3	4× 16	80
50	72,2	3× 25 + 16	106
100	144,3	3× 50 + 35	159
160	230,1	3× 93 + 50	244
200	288,7	3× 150 + 75	324
315	360,8	3× 185 + 95)	488

Anexo 3: Tabelas utilizadas para correntes máximas e secções de cabo BT

Tabela A3-4:Características de cabos torçados (Fonte: ALCOBRE)

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E ELÉTRICAS						
Código Alcobre	Nº. Cond. x Seção Nominal	Diâmetro exterior aprox.	Peso aprox.	Raio mínimo de curvatura	Intensidade máx. ao Ar 40 °C	Queda de Tensão Cos φ= 0,8
	nc x mm ²	mm	kg/km	mm	A	V/A.km
14101001	*2x16	15,0	136	70	85	3,489
14101501	3x16	16,0	204	70	75	3,489
14102001	*4x16	18,0	272	70	75	3,489
14102501	5x16	21,0	325	84	75	3,489
14113501	4x25	18,5	407	85	97	2,226
14114001	*4x25+16	19,0	475	85	100	2,226
14114501	4x25+2x16	21,0	527	88	100	2,226
14123501	4x35	24,7	549	95	120	1,632
14124001	4x35+16	26,0	612	100	120	1,632
14124501	4x35+2x16	28,0	677	135	120	1,632
14133501	4x50	29,5	714	130	150	1,229
14134001	*4x50+16	30,5	782	135	150	1,229
14134501	4x50+2x16	32,0	782	135	150	1,229
14143001	4x70	31,0	892	150	190	0,860
14144001	* 4x70+16	33,0	1.090	160	190	0,860
14145501	4x70+2x16	35,0	1.090	160	190	0,860
14150001	*4x95+16	39,0	1.404	170	230	0,652

Anexo 4: Factores m e n da componente contínua e alternada respectivamente

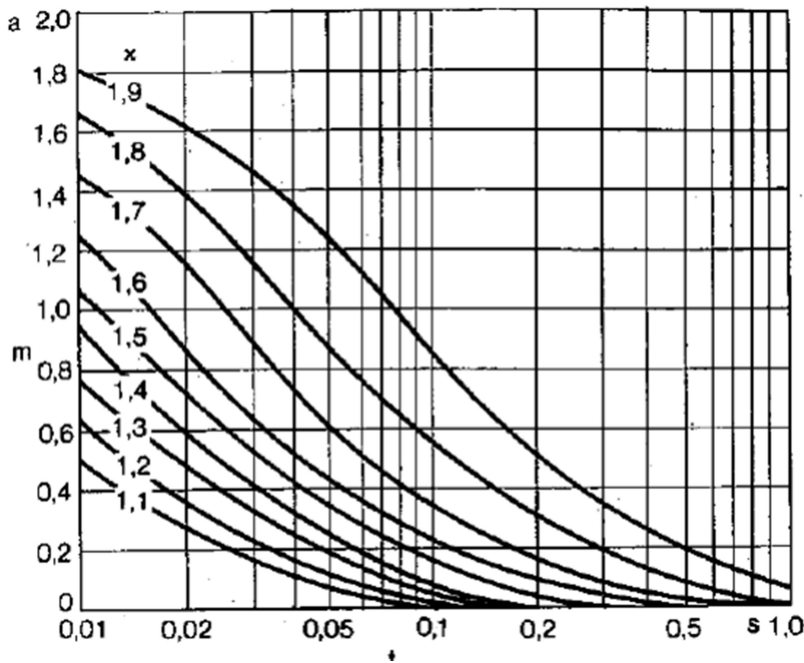


Gráfico A4.1-5: Factor m da componente contínua dos esforços térmicos (Fonte: Geraldo Kindermann, 1995)

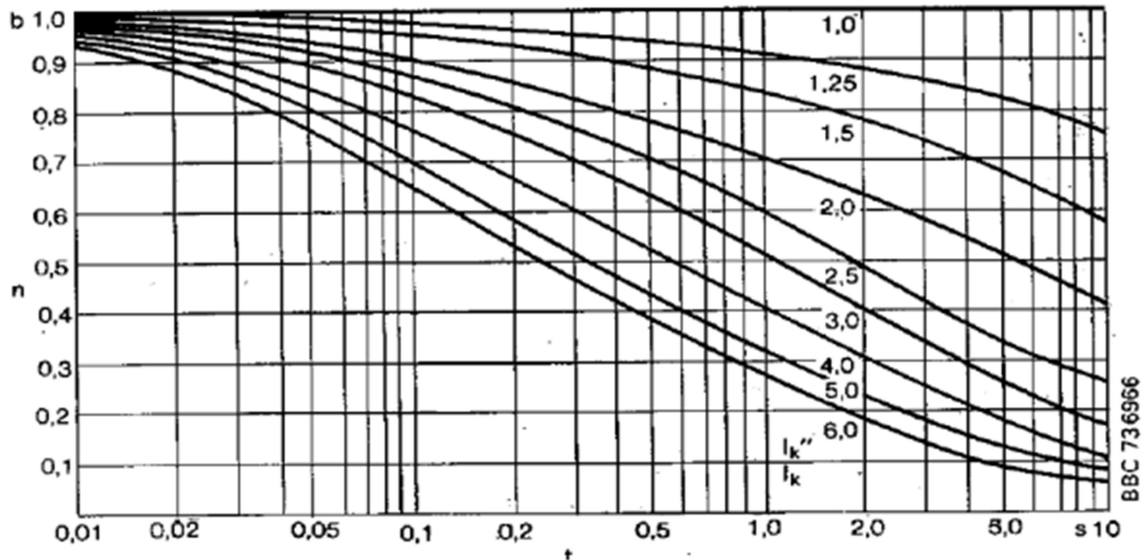


Gráfico A4.2-5: Factor n da componente alternada nas relações I_k''/I_k (Fonte: Geraldo Kindermann, 1995)

Anexo 5: Tabela para escolha do barramento

Tabela A5-6: Tabela para escolha das dimensões do barramento (Fonte: Switchgear manual)

Width x thickness	Cross- section	Weight ¹⁾ kg/m	Continuous current in A AC up to 60 Hz								Continuous current in A DC and AC 16% Hz							
			painted				bare				painted				bare			
			no. of conductors				no. of conductors				no. of conductors				no. of conductors			
mm	mm ²	kg/m	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
						50 ²⁾				50 ²⁾								
12 x 5	59.8	0.217	177	324	440		154	292	416		177	324	442		154	292	416	
12 x 10	120	0.434	284	542	796		248	488	722		285	544	778		248	488	722	
20 x 5	98.7	0.358	265	464	594		225	415	562		265	464	600		225	415	565	
20 x 10	192	0.698	408	760	1 100		350	680	985		408	763	1 060		350	632	985	
30 x 5	148	0.538	370	630	772		313	555	733		370	632	780		313	556	736	
30 x 10	292	1.06	555	993	1 390		472	870	1 260		558	1 000	1 330		475	876	1 240	
40 x 5	198	0.719	474	794	937		400	700	895		475	798	953		400	702	905	
40 x 10	392	1.42	705	1 230	1 720	2 280	595	1 090	1 540	2 000	710	1 250	1 640		600	1 100	1 540	

Material: E-Al to DIN 40 501 Parts 2 and 3 and E-Cu to DIN 40 500 Parts 2 and 3, copper cladding comprises 15 % of cross-section area.

¹⁾ Calculated for a density of 3.63 kg/dm³

²⁾ Minimum clearance given in mm.

(continued)

Anexo 6: Característica dos dispositivos de protecção

Tabela A6.1-7: Característica dos disjuntores usados na BT (Fonte: RTIEBT)

Potência do transformador (kVA)	Corrente secundaria (A)	Tipo de disjuntor "SACE"	Tipo de rele	Obs
30	43,3	SN-125	R-50	-
50	72,2	SN-125	R-80	-
100	144,3	SN-250	R-200	-
160	230,9	SN-250	R-250	-
200	288,9	SN-400	R-400	Deve ser regulado
250	360,8	SN-400	R-400	"
315	454,7	SN-630	R-630	"

Tabela A6.2-7: Características dos fusíveis

Intensidade nominal (In)(A)	Intensidade convencional de não fusão (Inf) (A)	Intensidade convencional de fusão (If) (A)
12	17	21
15	21	26
16	22	28
20	28	35
25	35	44
30	39	48
32	41	51
40	52	64
50	65	80
60	78	96
63	82	101
80	104	128
100	130	160
125	162	200
160	208	256
200	260	320
250	325	400
315	410	504
400	520	640
500	650	800

Anexo 6: Característica dos dispositivos de protecção

Tabela A6.1-8: características dos disjuntores

Disjuntor sem regulação

In(A)	Inf(A)	If(A)
	$1,1 \times In$	$1,3 \times In$
6	6,6	7,8
10	11	13
16	17,6	20,8
20	22	26
25	27,5	32,5
32	35,2	41,6
40	44	52
50	55	65
63	69,3	81,9
100	110	130

Disjuntor com regulação

In(A)	Inf(A)	If(A)
	$1,05 \times In$	$1,2 \times In$
100	105	120
125	131,25	150
160	168	192
250	262,5	300
400	420	480
630	661,5	756
1000	1050	1200
1250	1312,5	1500
1600	1680	1920
2500	2625	3000

Tabela A6.2-8: Calibre de links para DROP-OUTS (Fonte: Manual de postos de transformação EDM)

Potência do transformador (kVA)	Tensões (kV)							
	66		11		22		33	
	In	ILK	In	ILK	In	ILK	In	ILK
50	4,4	6	2,6	3	1,3	2	0,9	1
100	8,7	10	5,2	6	2,6	3	1,8	2
160	14	15	8,4	10	4,2	6	2,8	3
200	15,5	20	10,5	12	5,3	6	3,5	6
250	21,9	25	13,1	15	6,6	8	4,4	6
315	28	30	16,5	20	8,3	10	5,5	6

Anexo 6: Característica dos dispositivos de protecção

Tabela A6-9: Tensões nominais dos Pára-raios (Fonte: João Momade e Filhos)

Tensão nominal da rede (kV)	Tensão nominal dos pára-raios XBE	
	Neutro isolado	Neutro a terra
6,6	7,2	6
11	12	12
22	24	24
33	36	33

Anexo 7- Dimensões dos eléctrodos para aterramento

Tabela A7 – 10: Dimensões dos eléctrodos de terra (Fonte: Regulamento de Segurança de Redes de Distribuição de Energia Eléctrica em Baixa Tensão - Decreto-Lei n.º 422/75, de 11 de Agosto)

Tipos de eléctrodos		Material constituinte	Superfície de contato com a	Espessura (mm)	Diâmetro exterior (mm)	Comprimento (m)	Dimensão transversal (mm)	Secção (mm ²)	Diâmetro dos fios constituintes (mm)
Eléctrodos Horizontais	Cabos nus	Cobre	1	-	-	-	-	25	1,8
		Aço galvanizado ¹	1	-	-	-	-	100	1,8
	Fitas	Cobre	1	2	-	-	-	25	-
		Aço galvanizado ¹	1	3	-	-	-	100	-
Varões	Aço galvanizado ¹	1	-	10	-	-	-	-	
Eléctrodos Verticais	Chapas	Cobre	1	2	-	-	-	-	-
		Aço galvanizado ¹	1	3	-	-	-	-	-
	Varetas	Cobre	-	-	15	2	-	-	-
		Aço revestido a cobre	-	0,7 ²	15	2	-	-	-
		Aço galvanizado ¹	-	-	15	2	-	-	-
	Tubos	Cobre	-	2	20	2	-	-	-
		Aço galvanizado ¹	-	2,5	25	2	-	-	-
Perfilados	Aço galvanizado ¹	-	3	-	2	60	-	-	

(1) A proteção deve ser garantida por meio de galvanização por imersão a quente com uma espessura mínima de revestimento de 120µm.

(2) Espessura de revestimento. Admite-se que este valor seja reduzido desde que os eléctrodos sejam executados com tecnologia adequada e sujeitos a aprovação prévia da DGEG.

Anexo 8-Resistências da hastes

Tabela A8-11: Resistência das hastes paralelas, alinhadas e igualmente espaçadas (Fonte: Geraldo Kindermann, 1995)

$L = 2m \quad d = \frac{1}{2}'' \quad R_{1 \text{ haste}} = 0,513\rho a$								
Espaçamentos	2m		3m		4m		5m	
Número de Hastes	$R_{eq} [\Omega]$	K	$R_{eq} [\Omega]$	K	$R_{eq} [\Omega]$	K	$R_{eq} [\Omega]$	K
2	$0,291\rho a$	0,568	$0,281\rho a$	0,548	$0,276\rho a$	0,537	$0,272\rho a$	0,530
3	$0,210\rho a$	0,410	$0,199\rho a$	0,388	$0,192\rho a$	0,375	$0,188\rho a$	0,367
4	$0,167\rho a$	0,326	$0,155\rho a$	0,303	$0,149\rho a$	0,291	$0,145\rho a$	0,283
5	$0,140\rho a$	0,272	$0,128\rho a$	0,250	$0,122\rho a$	0,239	$0,119\rho a$	0,231
6	$0,121\rho a$	0,235	$0,110\rho a$	0,214	$0,104\rho a$	0,203	$0,101\rho a$	0,196
7	$0,106\rho a$	0,208	$0,096\rho a$	0,188	$0,091\rho a$	0,177	$0,087\rho a$	0,171
8	$0,096\rho a$	0,186	$0,086\rho a$	0,167	$0,081\rho a$	0,157	$0,078\rho a$	0,151
9	$0,087\rho a$	0,169	$0,078\rho a$	0,151	$0,073\rho a$	0,142	$0,070\rho a$	0,136
10	$0,080\rho a$	0,155	$0,071\rho a$	0,138	$0,066\rho a$	0,129	$0,063\rho a$	0,123
11	$0,074\rho a$	0,144	$0,065\rho a$	0,127	$0,061\rho a$	0,119	$0,058\rho a$	0,113
12	$0,069\rho a$	0,134	$0,061\rho a$	0,118	$0,056\rho a$	0,110	$0,054\rho a$	0,105
13	$0,064\rho a$	0,125	$0,057\rho a$	0,110	$0,052\rho a$	0,102	$0,050\rho a$	0,097
14	$0,060\rho a$	0,118	$0,053\rho a$	0,103	$0,049\rho a$	0,096	$0,047\rho a$	0,091
15	$0,057\rho a$	0,111	$0,050\rho a$	0,097	$0,046\rho a$	0,090	$0,044\rho a$	0,086

Anexo 9:- Apoio de madeira no bairro em causa



Figura 9-12: Apoio de madeira o bairro zona verde

Anexo 10: Amarração da Linha MT

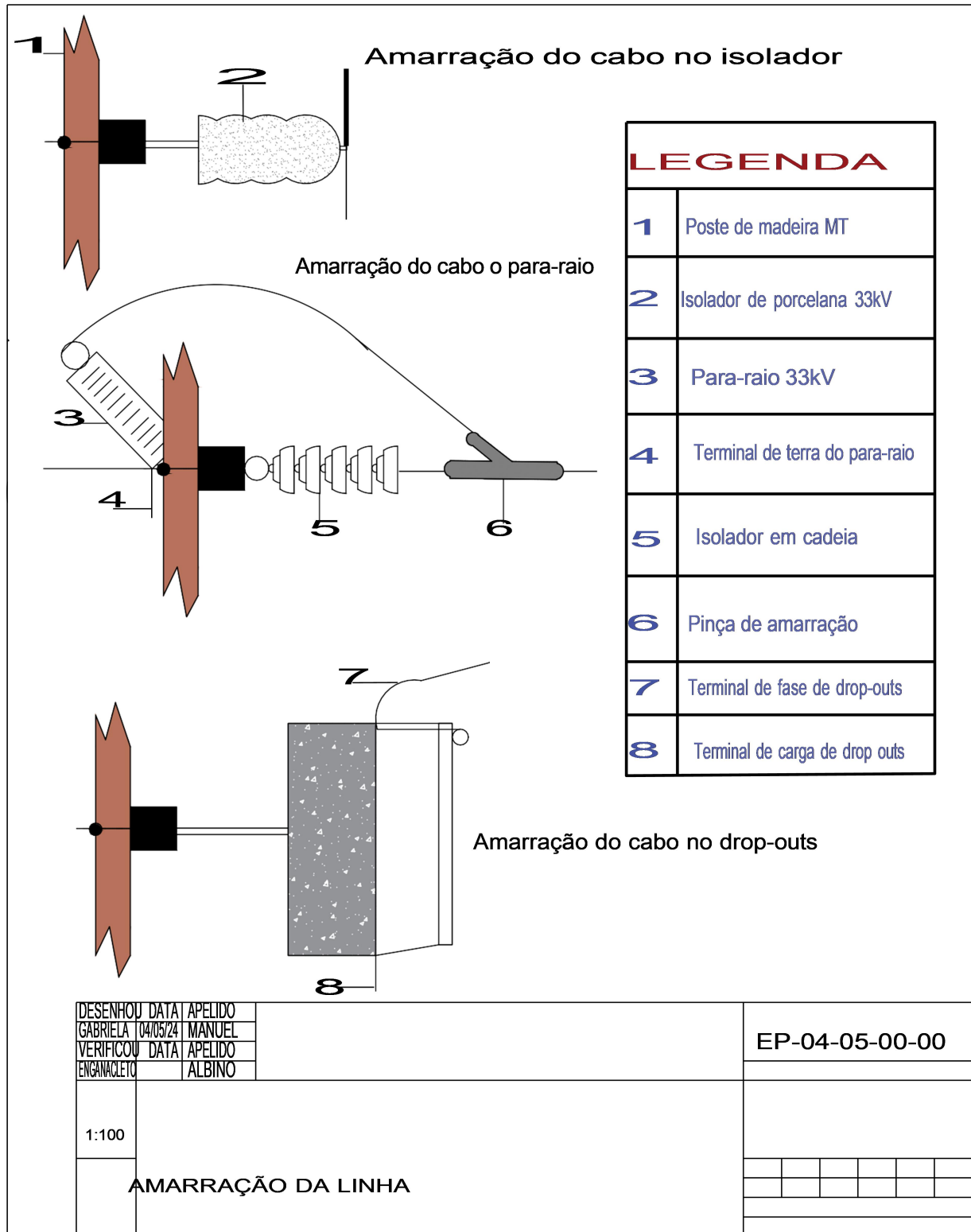


Figura A10-13: Amarração da Linha MT

Anexo 11: Armário de baixa tensão

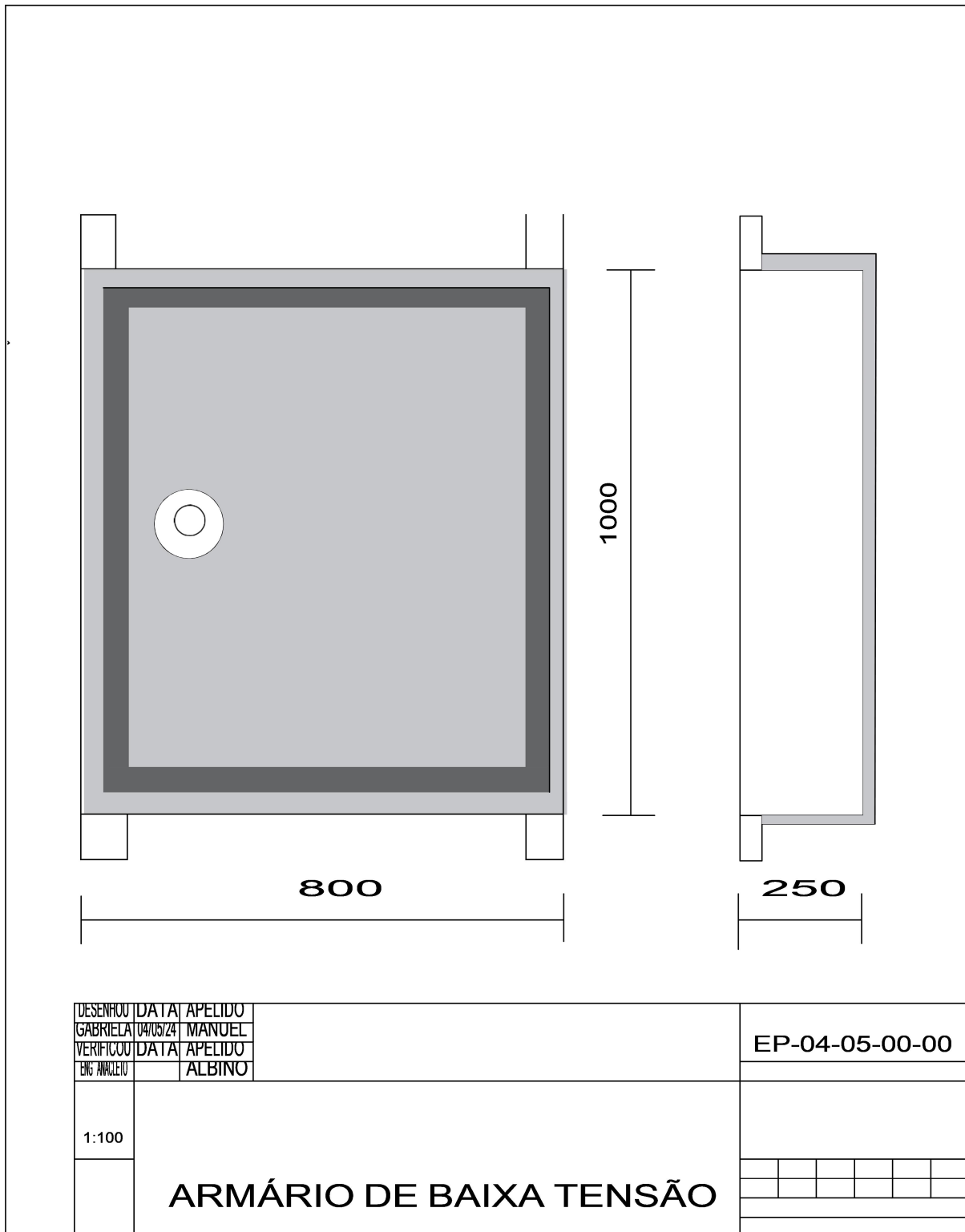


Figura 11-14: Armário de baixa tensão

Anexo 12: Armação em esteira vertical rígida em isoladores

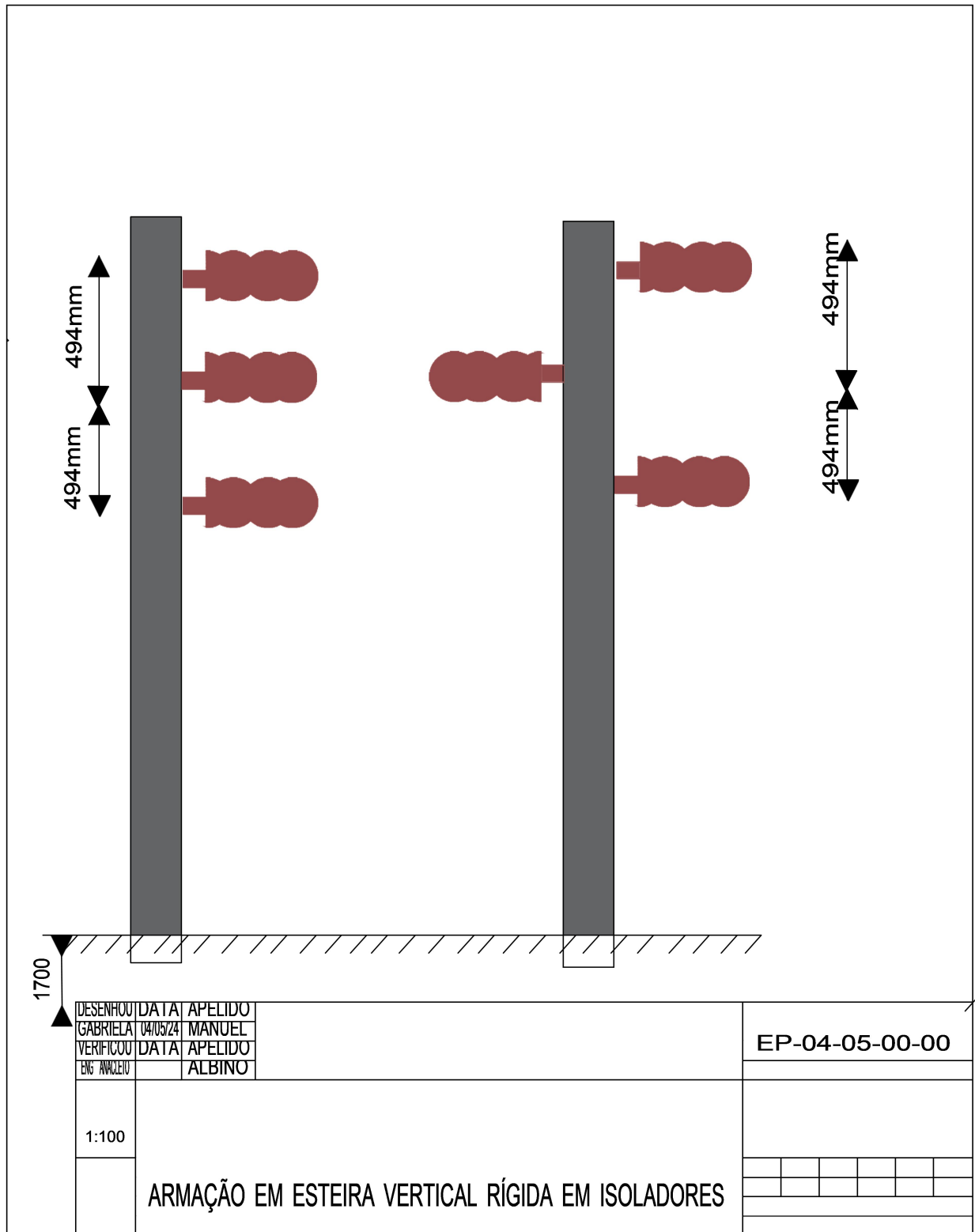


Figura A12-15: Armação em esteira vertical rígida em isoladores

Anexo 13: Esteira horizontal

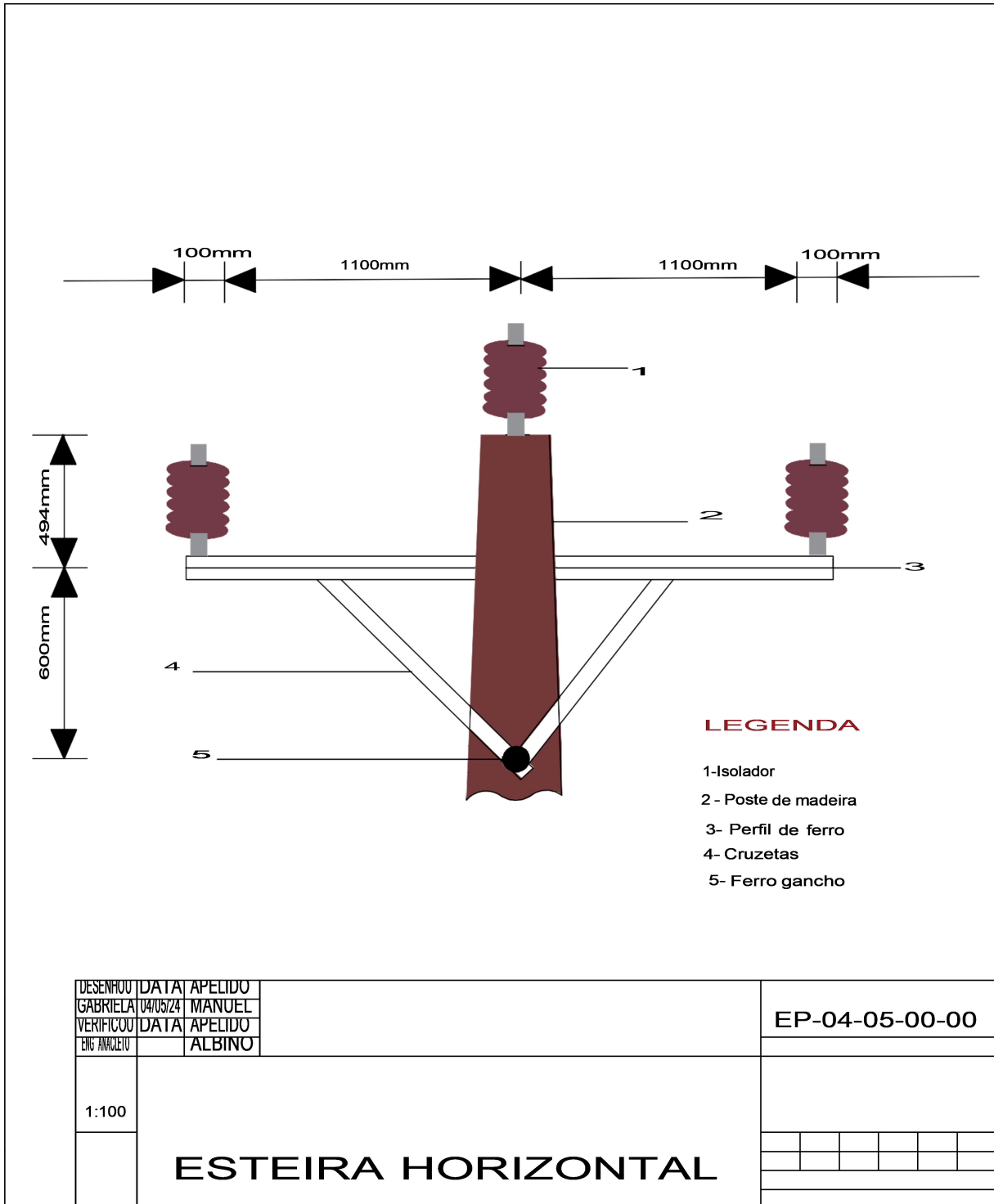


Figura A13-16: Esteira horizonta

Anexo 14: Montagem de cabos entre apoios

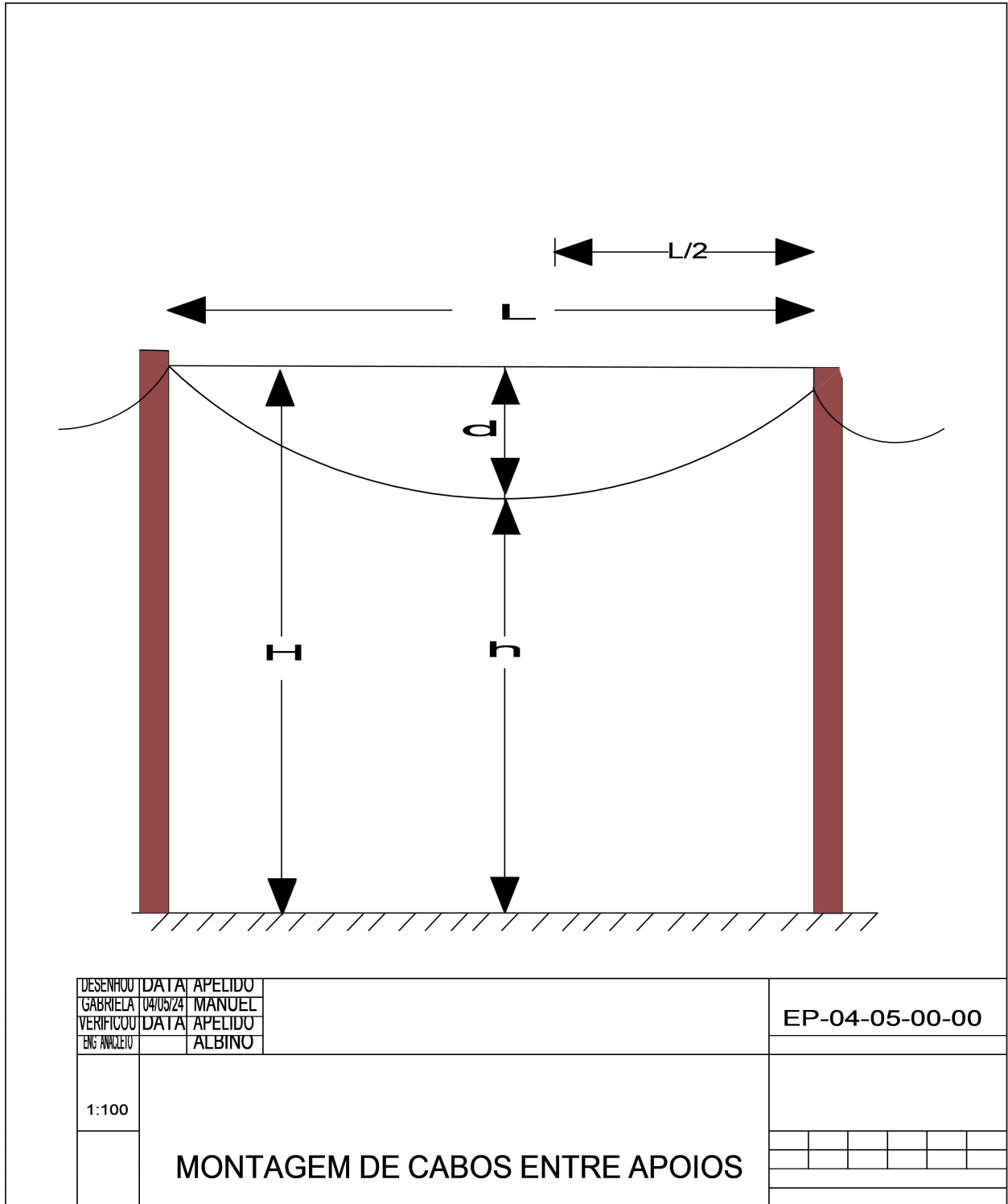


Figura A14-17: Montagem de cabos entre apoios

Anexo 15: Base de Alvenaria

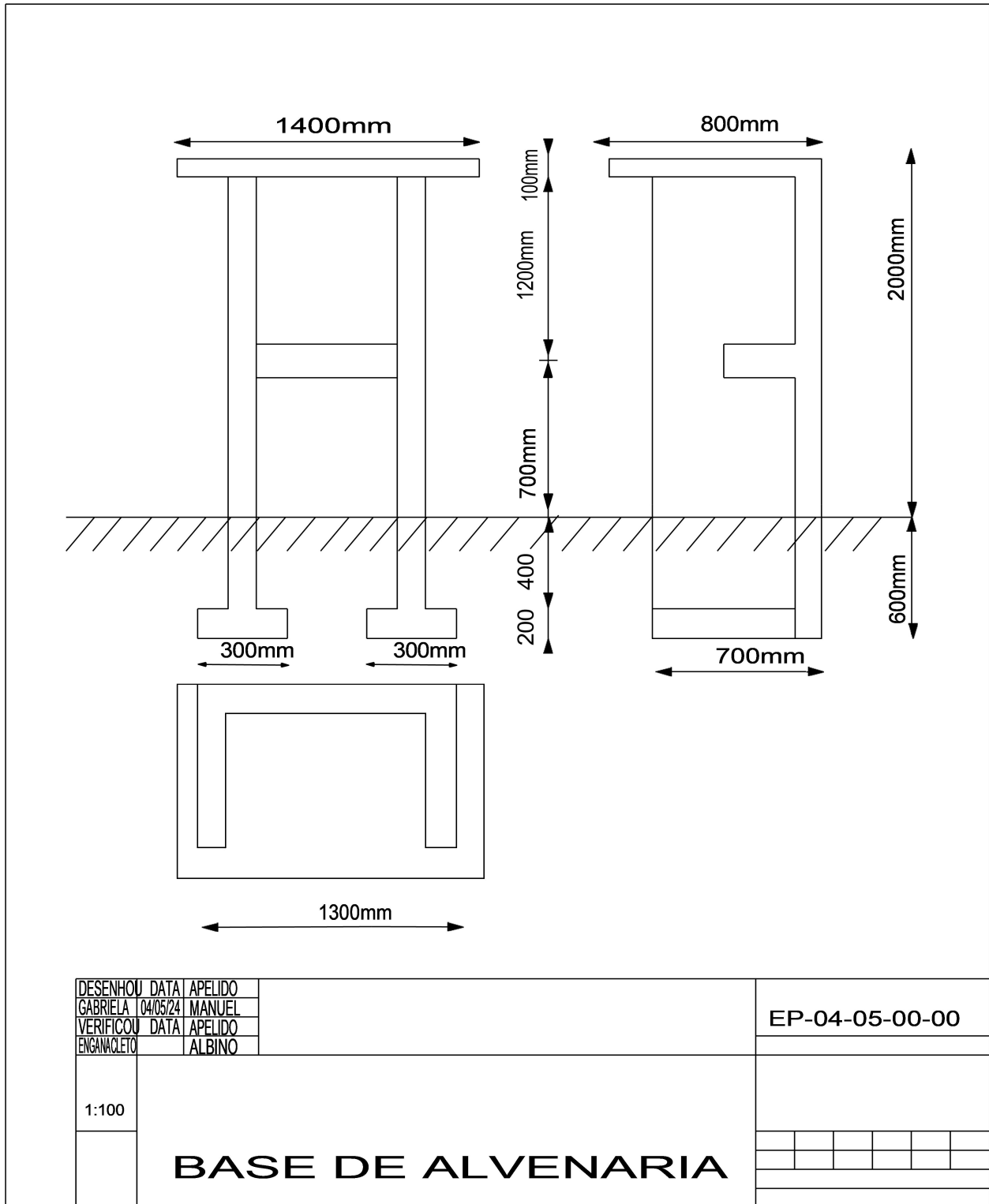


Figura A15-18: Base de Alvenaria

Anexo 16: Vedação do PT

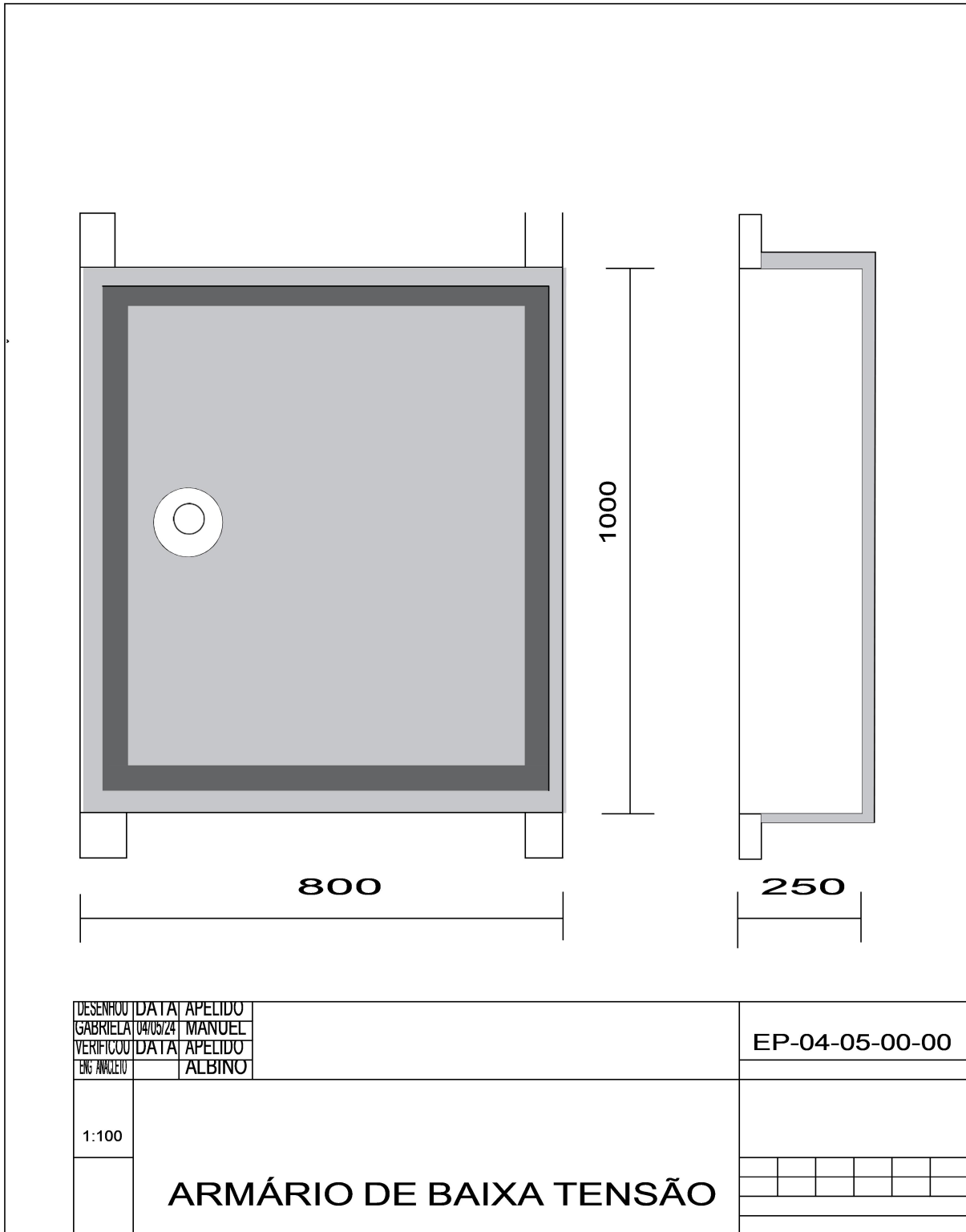


Figura A16-19: Vedação do PT

Anexo 17: Apoio com espia e apoio com escora

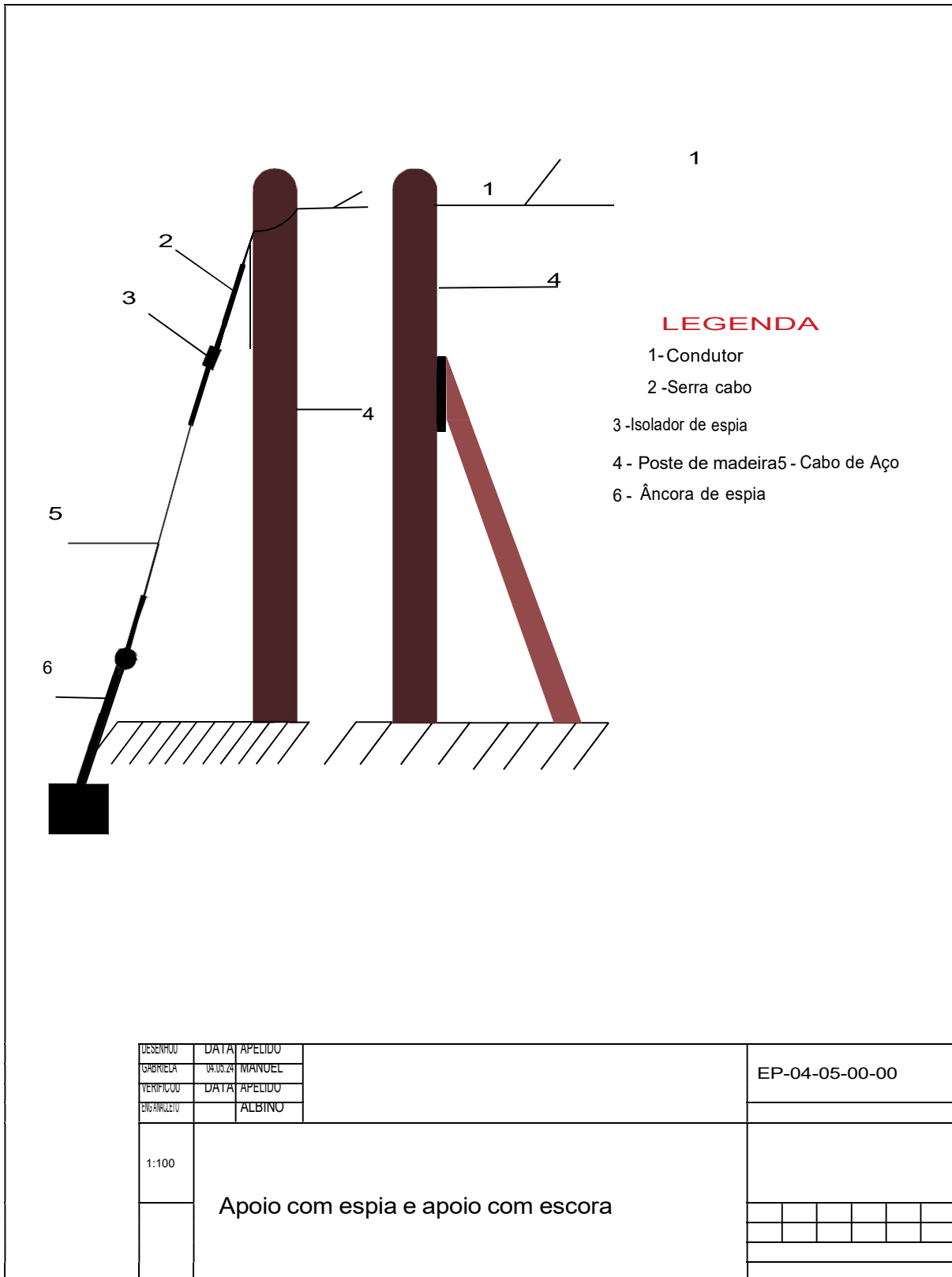


Figura A17-20: Apoio com espia e apoio com escora

Anexo 18: Quadro geral de baixa tensão

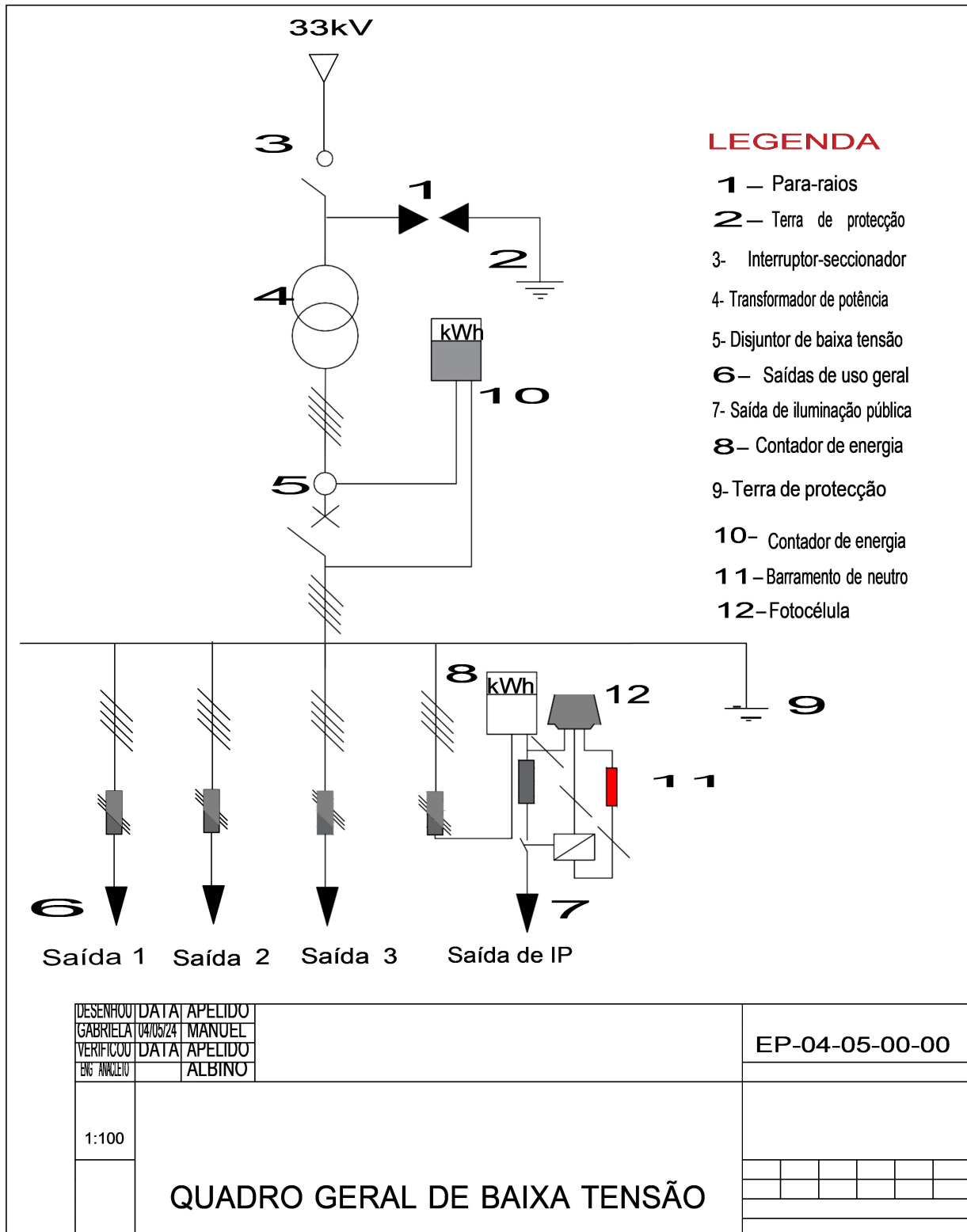


Figura A18-21: Quadro geral BT

