

MÁRIO SÉRGIO PINTO DE FREITAS ALVES

MANUTENÇÃO MULTITÉCNICA
EM INSTALAÇÕES ELÉTRICAS, MECÂNICAS E DE CLIMATIZAÇÃO



UNIVERSIDADE DO ALGARVE
Instituto Superior de Engenharia
2022

Esta página foi intensionalmente deixada em branco.

MÁRIO SÉRGIO PINTO DE FREITAS ALVES

MANUTENÇÃO MULTITÉCNICA
EM INSTALAÇÕES ELÉTRICAS, MECÂNICAS E DE CLIMATIZAÇÃO

Relatório de Estágio apresentado ao curso de Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores da Universidade do Algarve, como requisito para a obtenção do Grau de Mestre.
Trabalho realizado sob orientação de:
Professor Luís Manuel Ramos de Oliveira



UNIVERSIDADE DO ALGARVE
Instituto Superior de Engenharia
2022

Declaração de autoria de trabalho

Declaro ser o autor deste trabalho, que é original e inédito. Autores e trabalhos consultados estão devidamente citados no texto e constam da listagem de referências incluída.

Faro, 12 de setembro de 2022

(Mário Sérgio Pinto de Freitas Alves)

Copyright de Mário Sérgio Pinto de Freitas Alves

A Universidade do Algarve tem o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicitar este trabalho através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, de o divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

AGRADECIMENTOS

O meu agradecimento ao Professor Luís Oliveira pela disponibilidade, apoio e toda a orientação prestada durante o desenvolvimento do trabalho.

À minha esposa Cláudia e às minhas filhas Marta e Sofia que sempre me motivaram e encorajaram para concluir este projeto.

Esta página foi intensionalmente deixada em branco.

A crescente e recente preocupação das sociedades contemporâneas, relativamente à importância da preservação do ambiente, associada ao constante aumento das necessidades energéticas a nível mundial, tem vindo a provocar alterações de mentalidades relativamente à necessidade de reaproveitamento dos recursos existentes.

Através da manutenção das instalações técnicas é possível prolongar a vida útil dos equipamentos reduzindo assim o impacto que a produção de novos tem no meio ambiente. Neste sentido o estágio realizado na área da Manutenção Multitécnica em Instalações Elétricas, Mecânicas e de Climatização, revestiu-se de particular interesse, importância e pertinência.

Tendo em conta o crescente aumento das necessidades de energia elétrica e consequentemente a ampliação das redes de distribuição, será igualmente efetuado um estudo das perturbações elétricas e dos parâmetros de qualidade de energia quando são utilizados transformadores em paralelo na rede de distribuição, solução largamente adotada neste âmbito.

Palavras chave: Manutenção Multitécnica; Funcionamento de Transformadores em Paralelo.

ABSTRACT

The recent growing concern of contemporary societies, regarding the importance of preserving the environment, associated with the constant increase in energy needs worldwide, has been causing changes in mentalities regarding the need to reuse existing resources.

Through the technical installations maintenance, it is possible to extend the useful life of the equipment, thus reducing the impact that the production of new ones has on the environment. In this sense, the internship carried out in the area of Multitechnical Maintenance in Electrical, Mechanical and Air-conditioning Installations, was of particular interest, importance and relevance.

Considering the growing demand for electricity and consequently, the expansion of distribution networks, it will also be carried out a study of electrical disturbances and power quality parameters when transformers are used in parallel in the electrical distribution network, a solution widely adopted in this scope.

Keywords: Multitechnical Maintenance; Operation of Transformers in Parallel.

LISTA DE ABREVIATURAS

AC	Corrente alternada
ADENE	Agência para a Energia
AQS	Águas Quentes Sanitárias
BT	Baixa Tensão
CP	Contador de produção
CA	Corrente alternada
CC	Corrente contínua
DC	Corrente contínua
EPBD	<i>Energy Performance of Buildings Directive</i> (Diretiva de Desempenho Energético dos Edifícios)
ERSE	Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos
ETA	Estação de Tratamento de Águas
IP	Índice de proteção contra poeiras e líquidos
MPQS	Manual de Procedimentos de Qualidade de Serviço do Setor Elétrico
MPP	<i>Maximum power point</i> (Ponto de maior potência)
MT	Média tensão
NMOT	Condições de temperatura nominal de operação do módulo
PT	Posto de transformação
PQ-I	Perito Qualificado I
PQ-II	Perito Qualificado II
QAC	Quadro de corrente alterna
QGBT	Quadro Geral de Baixa Tensão
QMT	Quadro de Média Tensão
RDBT	Rede de Distribuição de Baixa Tensão
RND	Rede Nacional de Distribuição
RQS	Regulamento da Qualidade de Serviço do Setor Elétrico
RRD	Regulamentos das Redes de Distribuição
RRT	Regulamentos das Redes de Transporte

RTIEBT	Regras Técnicas das Instalações Elétricas de Baixa Tensão
SCE	Sistema de Certificação Energética
SEN	Sistema Energético Nacional
SF6	Hexafluoreto de enxofre
SPDA	Sistema de Proteção de Descargas Atmosféricas
STC	Standard test conditions (condições de teste padrão)
TGE	Técnico de Gestão de Energia
TIS	Técnico de Inspeção de Sistemas Técnicos
TRM	Técnico Responsável pela Instalação e Manutenção
UE	União Europeia
UPAC	Unidade de produção de autoconsumo
UTA	Unidade de Tratamento de Ar
UTAN	Unidade de Tratamento de ar Novo
UVE	Associação de Utilizadores de Veículos Elétricos
VRF	Fluxo de Refrigerante Variável
VC	Ventiloconvetores
GTC	Gestão Técnica Centralizada

LISTA DE SÍMBOLOS

a	Relação de transformação
A	Área (m^2)
D	Diâmetro (m)
f	Frequência (Hz)
f	Coefficiente de atrito
g	Aceleração da gravidade (m/s^2)
h	Altura (m)
h_{bomba}	Perda de carga na bomba (m.c.a)
H_c	Altura do captor (m)
H_{ext}	Altura da extremidade da edificação (m)
h_f	perdas de carga em linha (m.c.a)
$h_{perdas\ linha}$	Perda de carga na tubagem (m.c.a)
$h_{perdas\ localizadas}$	Perda de carga nos acessórios (m.c.a)
I_{CC}	Corrente de curto-circuito (A)
$I_{CC\ String\ x}$	Corrente em curto-circuito da strind X (A)
$I_{CC\ Total}$	Corrente total em curto-circuito (A)
I_{mpp}	Corrente nominal (A)
I_n	Corrente nominal (A)
I_{SC}	Corrente em curto-circuito (A)
I_{th}	Corrente de pico (A)
I_m	Corrente de magnetização (A)
I_{max}	Corrente de crista (A)
I_s'	Corrente do secundário vista do primário (A)
I_ϕ	Corrente de excitação (A)
K_i	Coefficiente de perdas dos acessórios (m)
L	Comprimento (m)
L_b	Indutância do circuito equivalente do transformador (Ω)
L_{CC}	Indutância de curto-circuito (H)
L_e	Largura da estrutura (m)

L_p	Indutância do primário (H)
L_s	Indutância do secundário (H)
n	Rendimento da bomba (%)
$S_{cc \text{ equivalente}}$	Potência de curto-circuito (VA)
P_{Carga}	Potência ativa da carga (W)
P_{CU}	Perdas no cobre (W)
P_{mpp}	Potência de pico (Wp)
P_{Va}	Perdas em vazio (W)
p_x	Pressão do fluido no ponto X (N/m ² =Pa)
Q	Caudal (m ³ /s)
Q_{Carga}	Potência reativa da carga (VAr)
R_C	Resistência de magnetização (Ω)
R_{CC}	Resistência de curto-circuito (Ω)
R_e	Raio da esfera rolante (m)
Re	Número de Reynolds
R_p	Raio de proteção (m)
R_s'	Resistência do secundário vista do primário (Ω)
S	Potência aparente (VA)
S_{Carga}	Potência aparente da carga (VA)
U_{CC}	Tensão de curto-circuito (%)
$U_{isolamento}$	Tensão de isolamento (V)
U_n	Tensão nominal (V)
$U_{primário}$	Tensão do primário (V)
$U_{secundário}$	Tensão do secundário (V)
U_s	Tensão de serviço (V)
V	Velocidade (m/s)
$V_{méd}$	Velocidade do escoamento (m/s)
V_{OC}	Tensão em circuito aberto (V)
$V_{OC \text{ mód.x}}$	Tensão em circuito aberto do módulo X (V)
V_{mpp}	Tensão nominal (V)
V_{rms}	Tensão eficaz (V)
$V_{Total OC}$	Tensão total em circuito aberto (V)

V_x	Velocidade do fluido no ponto X (m/s)
W_p	Watt-pico (W)
X_{CC}	Reatância de curto-circuito (Ω)
X_m	Reatância de magnetização (Ω)
X_s'	Reatância do secundário vista do primário (Ω)
Z_b	Impedância do circuito equivalente do transformador (Ω)
Z_x	Altura do ponto x em relação ao Plano Horizontal de Referência (m)
Z_ϕ	Impedância do ramo de excitação (Ω)
Z_{CC}	Impedância de curto-circuito (Ω)
α	Ângulo de proteção ($^\circ$)
ε	Rugosidade relativa (m)
γ	Peso específico do fluido (N/m^3)
μ	Viscosidade dinâmica (kg/m.s)
ν	Viscosidade sinemática da água (m^2/s)
ρ	Resistividade do solo ($\Omega.m$)
ρ	Massa específica do fluido (kg/m^3)

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Tipos de Manutenção.....	5
Figura 2 – Escola Superior de Saúde[4].....	7
Figura 3 – Cela de Seccionamento RM6 da SCHNEIDER [5].....	9
Figura 4 – Tomadas Elastimod [6].....	10
Figura 5 – Cela de Seccionamento e proteção RM6 da SCHNEIDER [5].....	11
Figura 6 – Disjuntor VIP 11R [8].	12
Figura 7 – Esquema Multifilar do Disjuntor VIP 11R [8].	13
Figura 8 – Transformador de Potência com Capot [9].....	14
Figura 9 – Relé de Proteção DGPT2 [10].	14
Figura 10 – Posto transformação com barramentos isolado a ar [11].	16
Figura 11 – Cela tradicional de corte em SF6 [12].	16
Figura 12 – Módulo de gás SF ₆ [13].	16
Figura 13 – Sistema de Proteção do Edifício [7].	19
Figura 14 – Exemplos de Suportes de fixação [16].	21
Figura 15 – Método da esfera rolante [17].....	22
Figura 16 – Volume de proteção contra descargas atmosféricas [17].....	24
Figura 17 – Ângulo de proteção [17].	24
Figura 18 – Volume de proteção – Método da malha [17].	25
Figura 19 – Volume de proteção – Método da malha [17].	27
Figura 20 – Complexo de Piscinas Municipais de Albufeira [18] [19].....	29
Figura 21 – Diagrama de princípio [20].....	32
Figura 22 – Esquema simplificado do circuito.....	34
Figura 23 – Layout do sistema fotovoltaico.....	35
Figura 24 – Produção de energia elétrica.	36
Figura 25 – Limpeza de módulos com água [25].....	38
Figura 26 – Robô de limpeza – Central de Aswan no Egito [26].	38
Figura 27 – Limpeza manual de módulos fotovoltaicos [28].....	38
Figura 28 – Limpeza mecanizada de módulos fotovoltaicos [27].	38
Figura 29 – Exemplo 2 de anomalia térmica em módulo - IEC TS 62446-3 [30].	39
Figura 30 – Imagem termográfica de sistema fotovoltaico [31].	40
Figura 31 – ETA de Tavira[32].....	40
Figura 32 – Diagrama da rede hidráulica.	42
Figura 33 – Diagrama de dimensionamento da bomba[33].	46
Figura 34 – conqilha do tipo Armaflex XG [34].....	47
Figura 35 – Técnicos SCE [36].....	48
Figura 36 – Escola Tomás Cabreira [38].	50
Figura 37 – Escola João de Deus [39].....	50
Figura 38 – Escola Francisco Fernandes Lopes [40].	50
Figura 39 – Escola de Vila Real de Santo António [41].	50
Figura 40 – Esquema Unifilar do PT [42].....	52
Figura 41 – Cela de proteção por Disjuntor.	53

Figura 42 – Cella de Proteção por fusível.	53
Figura 43 – Transformador seco de 630 kVA – Escola João de Deus.	54
Figura 44 – Transformador a Óleo de 1000 kVA – Escola Francisco Fernandes Lopes.	54
Figura 45 – Inspeção termografica do Q.G.B.T. do PT.	56
Figura 46 – Transformador a óleo de 1000 kVA – Escola Francisco Fernandes Lopes.	57
Figura 47 – Transformador a Óleo de 800 kVA – Escola Tomás Cabreira.	57
Figura 48 – Transformador seco de 630 kVA – Escola de Vila Real de Stº, António.	58
Figura 49 – Transformador seco de 630 kVA – Escola João de Deus.	58
Figura 50 – Placa de caraterísticas transformador seco de 630 kVA.	59
Figura 51 – Dispositivo de proteção DGPT2.	59
Figura 52 – Hotel Monte da Quinta [46].	60
Figura 53 – Diagrama de potência do PT [47].	61
Figura 54 – Diagrama de potência MATLAB/SIMULINK.	62
Figura 55 – Características elétricas da rede de MT.	62
Figura 56 – Circuito equivalente do transformador real [48].	63
Figura 57 – Circuito equivalente do transformador em curto-circuito no secundário [48].	64
Figura 58 – Circuito equivalente do transformador em circuito aberto no secundário[48].	66
Figura 59 – Parâmetros dos transformadores.	67
Figura 60 – Parâmetros da carga.	68
Figura 61 – Tensão composta no primário.	69
Figura 62 - Corrente no primário – Transformador 1.	70
Figura 63 – Corrente no primário – Transformador 2.	70
Figura 64 - Corrente eficaz no primário – Transformador 1.	70
Figura 65 – Corrente eficaz no primário – Transformador 2.	70
Figura 66 - Tensão eficaz simples no primário e na carga.	71
Figura 67 - Corrente na carga.	71
Figura 68 - Tensão na carga.	71
Figura 69 – Tensão e corrente na carga – Operação com 1 transformador.	72
Figura 70 – Tensão e corrente na carga – Operação com 2 transformador.	72
Figura 71 – Correntes nos primários dos transformadores.	74
Figura 72 – Curva da tensão, fluxo e corrente magnetização – Funcionamento contínuo [50]. .	74
Figura 73 – Curva da tensão, fluxo e corrente magnetização – Na ligação do transformador [51].	74
Figura 74 – Corrente eficaz no primário.	75
Figura 75 – Tensão eficaz da tensão simples no primário e na carga.	75

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1- Características Elétricas do QMT [7].....	11
Tabela 2- Características do Transformador [7].	14
Tabela 3- Composição da norma EN62305.	20
Tabela 4- Nível de proteção segundo EN62305-1.	20
Tabela 5- Classe do sistema de proteção.....	23
Tabela 6- Tabela 2 da EN 62305-3.	25
Tabela 7- Tabela 4 da EN 62305-3.	26
Tabela 8- Características técnicas dos módulos fotovoltaicos instalados [21][22].....	33
Tabela 9- Características técnicas da Entrada CC do Inversor [23].....	34
Tabela 10- Tabela de dimensionamento das Strings.....	35
Tabela 11- Tabela de dimensionamento.....	36
Tabela 12- Rotinas de manutenção preventiva.	37
Tabela 13- Potência térmica dos equipamentos existentes.	41
Tabela 14- Dimensionamento da rede hidráulica.....	45
Tabela 15- Tabela resumo do dimensionamento da Bomba [33].....	47
Tabela 16- Tabela comparativa entre transformadores a Óleo e Secos.	54
Tabela 17- Níveis de proteção recomendados para transformadores secos.	58
Tabela 18- Níveis de proteção recomendados para transformadores a óleo.	58
Tabela 19- Características do transformador seco Trihal da Schneider [49].	63

RESUMO	V
ABSTRACT	VI
LISTA DE ABREVIATURAS	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	XII
ÍNDICE DE TABELAS	XIV
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 – ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	3
2. ATIVIDADE DESENVOLVIDA NO ESTÁGIO ACADÉMICO.....	4
2.1 – FUNÇÕES DESEMPENHADAS	4
2.2 – MANUTENÇÃO - CONCEITOS GERAIS	5
3. INSTALAÇÕES TÉCNICAS MAIS RELEVANTES	7
3.1 – ESCOLA SUPERIOR DE SAÚDE DE FARO	7
3.1.1 - <i>Posto de Seccionamento e de Transformação</i>	8
3.1.2 - <i>Sistema de terras de proteção</i>	18
3.2 – COMPLEXO DE PISCINAS COBERTAS DE ALBUFEIRA.....	29
3.2.1 – <i>Sistema Fotovoltaico</i>	31
3.3 – ETA DE TAVIRA	40
3.4 – ESCOLAS SECUNDÁRIAS DO PARQUE ESCOLAR	49
4. ESTUDO DE SISTEMA COM TRANSFORMADORES EM PARALELO	60
4.1. DESCRIÇÃO DO SISTEMA EM ANÁLISE.....	60
4.2. – IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA EM AMBIENTE MATLAB/SIMULINK	62
4.3 – PROPAGAÇÃO DAS PERTURBAÇÕES DA REDE DE MT PARA A REDE DE BT	68
4.4 – QUALIDADE DE ENERGIA NA REDE DE BT QUANDO OCORREM COMUTAÇÕES ENTRE OS TRANSFORMADORES EM PARALELO.....	73
5. CONCLUSÕES.....	77
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	78
ANEXOS	82

1. Introdução

A maior sensibilização da opinião pública, nos últimos anos, para os problemas ambientais relacionados com o consumo de energia proveniente da utilização de combustíveis fósseis, bem como as alterações climáticas do planeta provocadas pelos gases libertados no processo de queima desses mesmos combustíveis, tem vindo a alterar o modelo socioeconómico e político dos países.

Portugal comprometeu-se internacionalmente, em 2016, no âmbito do Acordo de Paris, a atingir a neutralidade carbónica em 2050, tendo definido, para tal, uma visão estratégica e narrativa que irá conduzir à descarbonização da economia nacional, consagrada no Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 (RNC 2050), publicado através da Resolução de Conselho de Ministros n.º 107/2019, de 1 de julho [1].

Na Conferência das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas que teve lugar em Glasgow em setembro de 2021 e que contou com a presença da União Europeia (UE), foram assumidos compromissos e metas ambiciosas entre os vários países signatários com vista à redução das emissões de gases com efeito de estufa de forma a se atingir a neutralidade carbónica [2].

As resoluções e as metas que têm vindo a ser assumidas pela UE implicam, da parte dos estados-membros, a adoção de políticas energéticas que têm fortes impactos nos vários sectores socioeconómicos com especial relevância no sector dos transportes e no de produção de energia elétrica.

A nível dos transportes, decorrente da imposição de grandes restrições a nível da emissão de gases poluentes, verifica-se uma crescente aposta dos fabricantes de automóveis no desenvolvimento de soluções tecnológicas com base em motores elétricos.

Em 2021, segundo dados da Associação de Utilizadores de Veículos Elétricos (UVE), a cota de mercado em Portugal, relacionada com a venda de carros elétricos foi de cerca de 17% do total de carros vendidos, registando-se um aumento anual de cerca de 59,8% em relação ao ano anterior.

Em relação ao setor energético de produção de energia elétrica tem-se verificado, na última década, uma crescente aposta na implementação de centrais de produção de

energia elétrica com origem Fotovoltaica e Eólica assim como o fecho de centrais com base na queima de combustíveis fósseis.

A central termoelétrica de Sines, que chegou a abastecer um terço da eletricidade consumida em Portugal, fechou em janeiro de 2021. A central a carvão do Pego encerrou em novembro de 2021, prevendo-se que seja reconvertida num “cluster” de produção de energias verdes através da construção de uma nova unidade de produção de energia solar (365 MWp) e eólica (264 MW) num regime de hibridização apoiado por um sistema de armazenamento com baterias com uma capacidade total de 168,6 MW. Portugal deixou assim de usar carvão na produção de eletricidade.

Todas estas alterações tiveram um forte impacto nos centros de produção de energia elétrica bem como na rede de transporte energética obrigando a necessários ajustes no sistema de forma a comportar estas variações no trânsito de potências.

A atividade de manutenção dos sistemas, instalações e equipamentos, ganha muita relevância para garantir a continuidade de serviços das instalações tendo em conta os aumentos do consumo, a complexidade dos sistemas energéticos, os requisitos de qualidade de energia e maior exigência do consumidor a nível do conforto e qualidade de serviço.

Da parte das empresas existe uma maior preocupação em manter os níveis de produtividade, com a redução permanente dos custos de exploração e com a promoção das suas imagens de empresa certificada associada às energias verdes.

Prevê-se, nos próximos anos, um aumento significativo do consumo de energia nas instalações devido à introdução de sistemas de carregamento de veículos elétricos com importantes impactos na rede de distribuição de energia.

A utilização de transformadores de potência a funcionar em paralelo é uma solução técnica adotada a nível global em todas as redes de distribuição de energia elétrica que permite efetuar uma gestão mais eficiente do transporte de energia elétrica até ao consumidor. O reforço da rede para fazer face aos sistemas de carregamento vai generalizar a adoção desta solução.

Assim, é relevante o estudo desta solução relativamente aos seus impactos ao nível de perturbações de qualidade de energia na rede de distribuição o que, em conjunto com a experiência profissional adquirida durante o estágio em questão, constituem os principais objetivos a alcançar com este trabalho.

De acordo com o objetivo apresentado, será descrita a atividade do candidato durante o estágio acadêmico, na qual será feita a apresentação das instalações mais importantes no que diz respeito a dimensão/complexidade, descrevendo os sistemas de maior relevância técnica e sobre os quais será elaborada uma análise crítica da solução implementada.

Posteriormente será analisada a propagação das perturbações da rede de média tensão (MT) para a rede de baixa tensão (BT) quando a instalação elétrica inclui um posto de transformação (PT) com transformadores em paralelo. Adicionalmente, pretende-se ainda analisar os parâmetros da qualidade de energia na rede de BT quando ocorrem comutações entre os transformadores em paralelo. O sistema em estudo é representativo de uma instalação real, executada no âmbito da atividade profissional do candidato.

As simulações serão efetuadas em ambiente Matlab/Simulink tendo em conta a natureza do estudo em causa.

1.1 – ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

O presente documento está dividido nos seguintes aspetos desenvolvidos por esta ordem:

- Descrição do âmbito do trabalho, as motivações, objetivos gerais e opções metodológicas adotadas (já descritos na Introdução).
- Descrição da atividade desenvolvida no estágio acadêmico e as instalações mais relevantes intervencionadas nesse período, contemplando uma breve descrição prévia sobre conceitos acerca da definição e tipos de manutenção.
- Análise teórica do sistema em estudo.
- Análise laboratorial em ambiente Matlab/Simulink do sistema em estudo.

2. Atividade desenvolvida no estágio acadêmico

O local onde foi efetuado o estágio acadêmico foi a empresa onde iniciou a sua atividade profissional, em 1996, no departamento de estudos e projetos na qual exerceu durante os primeiros dois anos as funções de Orçamentista e Preparador de Obra, na área da Engenharias e Instalações.

Nessa altura a empresa tinha a designação comercial de OELE – Instalações Elétricas e Mecânicas, S.A., tendo sofrido várias alterações da mesma até à mais recente CISEC-Soluções Técnicas de Engenharia e Serviços, SA.

Durante esse período foi responsável não só pela elaboração de propostas técnico-comerciais para a execução de instalações elétricas de várias tipologias e categorias bem como pelo desenvolvimento dos projetos adjudicados à empresa com vista à sua execução prática.

Em 1998 passou a integrar o corpo técnico de Engenheiros com responsabilidade técnica pela execução de projetos de Instalações Elétricas, tendo assumido a partir dessa data a responsabilidade técnica pela execução de diversos projetos de instalações elétricas, de várias tipologias e categorias.

Em 2017 assumiu as funções de coordenador da zona Sul do departamento de Manutenção Multitécnica – Facility Management.

Nos próximos capítulos será descrita a atividade desenvolvida no último ano.

2.1 – FUNÇÕES DESEMPENHADAS

A principal função assumida durante o período do estágio foi a de coordenador responsável pela atividade da empresa na área da Manutenção Multitécnica, da zona sul do país.

Foi sua responsabilidade a coordenação de uma equipa pluridisciplinar composta por 2 Engenheiros Mecânicos e 25 técnicos das valências de eletricidade, mecânica e climatização, atuando de forma ativa nas seguintes áreas:

- Prospeção do mercado para identificação de novas oportunidades de negócio;
- Análise técnica de projetos e elaboração de orçamentos tendo em conta a melhor solução técnico-económica;

- Elaboração de propostas e de estudos técnico-económicos nas diversas áreas de engenharia;
- Preparação e execução de obras nas diversas áreas de engenharia;
- Planeamento e elaboração de planos de manutenção multitécnica de infra-estruturas técnicas;
- Gestão da atividade dos gestores de contrato;
- Gestão das atividades das equipas técnicas associadas a cada contrato;
- Gestão e reporte de atividade e dos resultados da empresa da zona Sul do país.

2.2 – MANUTENÇÃO - CONCEITOS GERAIS

A atividade durante o estágio centrou-se na área da manutenção, pelos motivos já expostos, pelo que será efetuada uma breve descrição da definição e tipos que engloba.

A palavra manutenção derivado latim *manutencio* – formado por “*manus*”, mão, e “*tenere*”, agarrar, segurar. *Manutencio* é ter na mão, é manter aquilo que se tem [3].

De uma forma simplificada, pode definir-se manutenção como o conjunto das atividades destinadas a assegurar o bom funcionamento das máquinas, instalações ou sistemas, garantindo que são intervencionadas atempadamente e de forma periódica, de acordo com as boas práticas técnicas e exigências legais, executadas por pessoal técnico especializado, de forma a evitar a perda de função ou redução do rendimento e, no caso de tal acontecer, que sejam respostas em boas condições de operacionalidade com a maior brevidade, e tudo a um custo otimizado.

Quanto à filosofia de gestão e à forma como é desencadeada, pode classificar-se da forma como está esquematizado na Figura 1.

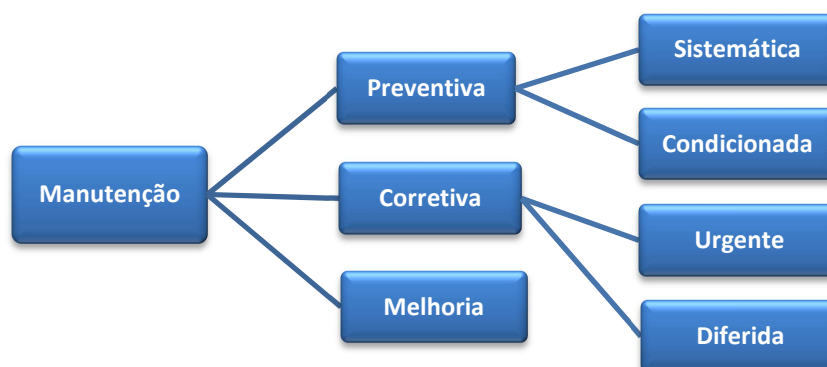


Figura 1 – Tipos de Manutenção.

Manutenção preventiva – A que é realizada com o objetivo de evitar avarias, perda ou redução de função. Quanto à oportunidade com que é desencadeada pode ser:

- Manutenção preventiva sistemática – Quando a oportunidade da intervenção é determinada cegamente a partir de intervalos predefinidos de tempo de calendário ou outra unidade conveniente (horas, arranques, quilómetros, ciclos, etc).
- Manutenção preventiva condicionada – Quando a oportunidade da intervenção é determinada do resultado da análise de sintomas recolhidos durante a inspeção ou controlo de funcionamento, antes de ter ocorrido a perda de função.

Manutenção corretiva – A que é realizada na sequência de uma avaria ou perda de função, que pode ser:

- Corretiva urgente – quando a reparação tem de ser realizada imediatamente para que o equipamento possa voltar a desempenhar a sua função. Um transformador que deixa de funcionar, que tem de ser reparado ou substituído imediatamente, um órgão de proteção danificado, são exemplos.
- Corretiva diferida – Quando a reparação, pela sua natureza, pode ser programada, dentro de certos limites, para uma data conveniente. Uma bomba com uma ligeira fuga, um rolamento com um ligeiro ruído, etc.

Melhoria – destinada a melhorar o desempenho do equipamento no seu contexto. Trata-se de uma alteração que pode melhorar a forma como o equipamento está a funcionar ou a sua manutibilidade: instalação de equipamento de monitorização ou controlo, para melhoria da eficiência energética, para reduzir a necessidade de manutenção, etc.

Para além da sua vertente técnica, a manutenção abrange atualmente um vasto conjunto de atividades destinadas a responder a exigências legais, certificação, segurança e sustentabilidade social; esta última entendida como a capacidade da organização demonstrar, a qualquer momento, que conduz as suas atividades utilizando práticas seguras, respeitadoras do ambiente e socialmente aceites.

A manutenção assume-se hoje como uma atividade de primeira linha com exigência de desempenho multidisciplinares, formação de técnicos e de gestores e uma responsabilidade muito ampla no seio de qualquer organização.

3. Instalações técnicas mais relevantes

3.1 – ESCOLA SUPERIOR DE SAÚDE DE FARO

Este edifício pertenceu à Universidade do Algarve onde a CISEC presta serviços de Manutenção Multitécnica.

A Escola Superior de Enfermagem, Figura 2, foi o primeiro projeto em que assumi a responsabilidade técnica pela execução e pela exploração das instalações elétricas de utilização, no ano de 1998.



Figura 2 – Escola Superior de Saúde[4].

As instalações elétricas implementadas durante a fase de execução da obra foram as seguintes:

Instalações Elétricas

- Posto de Seccionamento e de Transformação de 250 kVA
- Rede de Alimentação
- Quadros Elétricos
- Sistema de Terras de proteção
- Iluminação Geral
- Tomadas e Alimentações Especiais
- Sistema Audiovisual e Tradução Simultânea
- Relógios Elétricos
- Rede de Sistemas Informáticos
- Detecção Automática e Alarme de Incêndios
- Detecção e Alarme de Intrusão
- Proteção Contra Descargas Atmosféricas

- Iluminação Exterior

Instalações Mecânicas

- Rede de Águas e Esgotos
- Rede de Armada de Combate a Incêndio
- Estação Elevatória de Águas Pluviais
- Termoacumulador 400 l a gás

Instalações de Climatização

- Caldeira de 202 kW
- Redes Hidráulicas de Climatização
- Radiadores
- Bombas de Recirculação
- Unidade de Climatização do Tipo Roof-Top de 60 kW
- Rede Aeráulica
- Unidades de Tratamento de Ventilação (UTV)
- Unidades de Extração (VE)
- Sistemas com Unidade com Fluxo de Refrigerante Variável (VRF)

Das instalações técnicas listadas saliento as de maior relevância a nível técnico, sobre as quais farei uma descrição sucinta e um comentário das mesmas:

- Posto de Seccionamento e de Transformação
- Sistema de Terras de Proteção e Pára-raios

3.1.1 - Posto de Seccionamento e de Transformação

Posto de Seccionamento

O abastecimento de energia ao edifício é efetuado em Média Tensão, através de um ramal subterrâneo ligado ao Posto de Seccionamento que alimenta o Posto de Transformação privativo do edifício.

A partir do posto de transformação a energia elétrica é distribuída em baixa tensão, através do Quadro Geral de Baixa Tensão, de forma radial, para os vários quadros elétricos parciais instalados nas várias secções ou pisos do edifício.

O posto de seccionamento foi equipado por quadro de média tensão constituído por um bloco de corte com gás isolante de hexafluoreto de enxofre (SF6), Figura 3, do tipo “RING MAIN UNIT”, RM6 da Schneider com três funções (aparelho de corte):

- Duas funções interruptor-seccionador de corte em carga para alimentação do Posto de Seccionamento através do anel do distribuidor de energia elétrica.
- Uma função interruptor-seccionador de corte em carga para alimentação do Posto de Transformação, através do Posto de Seccionamento, fazendo o corte geral do distribuidor ao Posto de transformação, sem ter de interromper o anel de alimentação.



Figura 3 – Cela de Seccionamento RM6 da SCHNEIDER [5].

Trata-se de um quadro de média tensão compacto que responde à definição de "sistema com pressão selado", conforme recomendação da Comissão Eletrotécnica Internacional.

O interruptor seccionador e o seccionador de terra oferecem todas as garantias de utilização para o explorador:

- O invólucro é cheio com um gás isolante composto por hexafluoreto de enxofre (SF6) a uma pressão relativa de 0,2 bar. É selado para toda a vida após estar cheio. A sua estanquicidade, sistematicamente verificada na fábrica, dá ao aparelho uma duração de vida de 30 anos.
- A extinção do arco elétrico é obtida pela utilização da técnica auto-expansão de SF6.
- Cada interruptor-seccionador possui seccionador de terra cujo poder de fecho está de acordo com a corrente limite térmica admissível para o interruptor-seccionador.

- O barramento trifásico está contido neste compartimento.
- As ligações ao exterior de cada interruptor-seccionador são efetuadas através de bornes de travessias totalmente estanques, permitindo a ligação de três bornes encaixáveis, do tipo ELASTIMOLD, Figura 4, de intensidade nominal de 400 A, para utilização em cabo seco unipolar.



Figura 4 – Tomadas Elastimod [6].

- A ligação do seccionador de terra efetua-se através de um corpo isolante, estanque e transparente, permitindo a visualização da ligação à terra.
- O mecanismo de comando é exterior a este compartimento e o seu isolamento total é conseguido através de dois anéis de óleo que garantem o isolamento e a estanquicidade entre o gás SF6 no interior do compartimento e o painel do comando.

O painel dos mecanismos de comando comporta:

- Os mecanismos de comando de cada interruptor-seccionador e dos respetivos seccionadores de terra.
- Sinalização de posição de cada interruptor-seccionador e respetivo seccionador de terra.
- Dispositivos de encravamento mecânico exterior de cada comando.
- Sinalizadores de presença de tensão.
- Quadro sinóptico, com indicação precisa da posição dos respetivos aparelhos.

Posto de Transformação

O posto de transformação foi equipado com um quadro de média tensão semelhante ao instalado no posto de seccionamento, Figura 5, constituído por um bloco de corte em SF6, “RING MAIN UNIT”, RM6 da marca Schneider, mas de uma função disjuntor, equipado com relé tipo VIP 11R, com ligação à terra na saída, corte e proteção ao transformador.



Figura 5 – Cella de Seccionamento e protecção RM6 da SCHNEIDER [5].

A extinção do arco elétrico é obtida pela utilização da técnica do arco giratório mais auto-expansão de SF₆, o que permite o corte de todas as correntes até à corrente de curto-circuito.

Com esta tecnologia, o arco é arrefecido pelo seu próprio movimento rotativo no meio gasoso de SF₆. Um campo magnético criado por uma bobina atravessada pela corrente de falta, gera um movimento de rotação do arco em velocidade muito alta (o que pode ser superior à velocidade do som, à pressão atmosférica).

Ao abrir os contactos principais, a corrente é comutada para a bobina e gera-se o campo magnético axial. A força de Laplace resultante acelera o arco em um movimento circular. Os contactos do arco tomam a forma de faixas circulares que podem ser tanto concêntricas (arco radial e campo axial) ou frente a frente. O arco é arrefecido de uma maneira homogénea no SF₆.

A unidade funcional RM6 consta essencialmente de um compartimento estanque “selado” contendo gás SF₆, onde estão inseridos os aparelhos de corte simultâneo nas 3 fases por auto-compressão em SF₆ (interruptores-seccionadores), a qual possui as características eléctricas indicadas na Tabela 1.

Tabela 1- Características Elétricas do QMT [7].

Característica	Valor
U_n	17,5 KV
U_s	15 KV
I_n	400 A
I_{th}	16 kA eff, 1s
I_{max}	40 kA, crista
$S_{cc_{equivalente}}$	415 MVA

O disjuntor, Figuras 6, é associado a uma cadeia de proteção que assegura uma proteção eficaz do transformador contra sobreintensidades.

A cadeia de proteção funciona sem fonte auxiliar e compreende:

- Três transformadores toroidais integrados nas travessias da saída “transformador”, Figura 7.
- Relé eletrónico tipo VIP 11R da Schneider.
- Disparador de fraca energia tipo MITOP.
- Tomada-teste que permite controlar o bom funcionamento da proteção.
- O relé VIP 11R, proteção de limiar fixo, que está associado a fusíveis BT ou a disjuntores BT rápidos.
- Bobine de disparo por emissão de corrente para ligação ao relé de proteção do transformador, para proteção.
- Encravamento de segurança para impedir o acesso à cela do transformador enquanto o seccionador de ligação à terra do RM6 não estiver encravado “fechado”, e enquanto o disjuntor de baixa tensão estiver também encravado na posição de aberto.

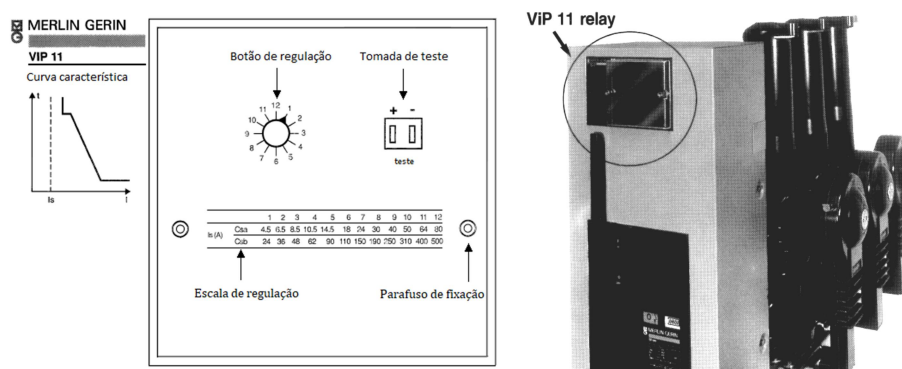


Figura 6 – Disjuntor VIP 11R [8].

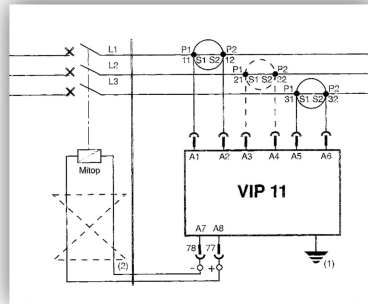


Figura 7 – Esquema Multifilar do Disjuntor VIP 11R [8].

A ligação ao exterior é feita por bornes de travessia, permitindo a ligação de três bornes encaixáveis, do tipo ELASTIMOLD, de intensidade nominal de 400 A, para utilização de cabo seco unipolar.

O painel de comando, com as características já referidas atrás, comporta nomeadamente:

- Os mecanismos de comando do disjuntor;
- Os mecanismos de comando do seccionador de terra;
- Sinalização da posição do disjuntor e seccionador de terra;
- Dispositivo de encravamento;
- Sinalizadores de presença de tensão;
- Quadro sinóptico com a indicação precisa da posição do aparelho.

O transformador de potência utilizado é do tipo hermético, de enchimento total, isolado a óleo e de arrefecimento natural, apresentado na tabela 2.

As ligações elétricas a nível da media tensão (MT) foi efetuada através de tomadas tipo ELASTIMOLD e na saída de baixa tensão (BT) foi instalado um capot envolvente, proporcionando total isolamento elétrico do transformador, Figura 8.

A proteção do transformador é feita através de um Relé Buchholz, Figura 9, que provoca a atuação da proteção ao transformador por nível baixo do dielétrico, ou por sobrelevação perigosa da temperatura.

Tabela 2- Características do Transformador [7].

Característica	Valor
Potência	250 kVA
$U_{\text{isolamento}}$	17,5 kV
$U_{\text{primário}}$	15 kV
$U_{\text{secundário}}$	231-400 V
Regulção em Vazio	$\pm 2,5\%$; $\pm 5\%$
Perdas em Vazio	650 W
Perdas em Carga	3.250 W
Ligação	Dyn 11
U_{cc}	4%



Figura 8 – Transformador de Potência com Capot [9].



Figura 9 – Relé de Proteção DGPT2 [10].

No caso de uma pequena sobrecarga do transformador, o gás produzido pela decomposição do óleo acumula-se no topo do relé, forçando a boia de nível superior responsável pela sinalização de defeito.

A mesma sinalização também acontece quando o nível de óleo baixa, provocado por uma pequena fuga de óleo.

Na eventualidade de surgir um arco elétrico, a acumulação de gás é súbita e o óleo flui rapidamente acionando o interruptor conectado a uma segunda boia. Esta opção é utilizada para ativar o disparo do disjuntor de proteção da unidade antes que a anomalia provoque mais danos.

O Relé Buchholz tem uma válvula de purga no topo do tubo do óleo, que permite recolher o gás acumulado para ensaio. Caso o gás seja inflamável é um sinal de que existem falhas internas, como o sobreaquecimento ou a produção de arco interno. Se pelo contrário for ar, pode significar que o nível do óleo está baixo, ou que há uma fuga na cuba.

É possível ainda obter os seguintes sinais de alarme:

- Deteção de formação de gases;
- Sinalização de baixo nível dielétrico;
- Visualização da temperatura;
- Alarme de sobrepressão na cuba;
- Alarme de sobrelevação de temperatura

3.1.1.1 - Análise da solução

A escolha da solução técnica para o posto de transformação do edifício em análise foi efetuada tendo em consideração a natureza do edifício, as características elétricas da instalação de utilização e a arquitetura do espaço destinado a este equipamento.

Tendo em conta o reduzido espaço destinado aos posto de transformação, a solução técnica a adotar passaria pela utilização de equipamentos compactos sem grandes necessidades de distâncias de isolamento.

No final da década de 90, a utilização de postos de transformação com barramentos e seccionadores à vista de isolamento a ar, Figura 10, estavam a entrar em desuso em detrimento de soluções com quadros de MT fechados isolados a ar ou através de gás SF₆, como é o exemplo da Figuras 11.



Figura 10 – Posto transformação com barramentos isolado a ar [11].



Figura 11 – Cella tradicional de corte em SF6 [12].

Os quadros de MT com celas tradicionais de corte a ar eram equipamentos robustos mas de maior dimensão o que inviabilizava a sua utilização.

A utilização do gás SF₆ em celas de MT permitiu reduzir as dimensões destes equipamentos e melhorar muitos aspetos relacionados com a manutenibilidade, segurança e operação dos equipamentos.

O hexafluoreto de enxofre é um composto químico inorgânico formado pelos elementos químicos enxofre e flúor, com a fórmula química SF₆, Figura 12.

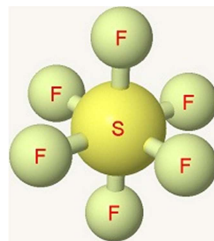


Figura 12 – Molecula de gás SF₆ [13].

É formado por sete átomos, em que um é central e seis são orbitais formando um geometria octaédrica.

Trata-se de um gás quimicamente estável que, em condições normais de pressão e temperatura, é incolor, não tem cheiro, não é inflamável e não é venenoso.

A sua resistividade elétrica é cerca de 2,5 vezes maior que o azoto e possui uma rigidez dielétrica também 2,5 vezes maior que a do ar, possuindo excelentes propriedades para utilização como isolante e como supressor do arco elétrico.

Muitos outros gases foram testados, porém, o SF₆ continua a estar presente nos mais modernos equipamentos sem que tenha surgido outro com eficiência semelhante a um custo economicamente viável.

A utilização deste gás como meio isolante e de extinção de arcos elétricos no fabrico de celas de MT permitiu a redução das dimensões dos quadros de MT ao mesmo tempo que se obteve uma melhoria na segurança, manutenibilidade e exploração das instalações elétricas onde os mesmos estão inseridos.

3.1.1.2 – Manutenção dos Quadros MT

Os quadros de MT do tipo RM6 são equipamentos selados segundo um processo com controlo de qualidade rigoroso, sistematicamente verificado em fábrica, conferindo a cada unidade uma duração de vida útil de 30 anos. O quadro de MT não requer assim nenhuma manutenção das suas partes ativas.

No entanto, não podemos esquecer que um vazamento de gás SF₆ num equipamento significa que menos gás está presente no processo de extinção do arco elétrico o que pode resultar em falhas do equipamento que comprometem a segurança e a operação. Mesmo um vazamento de 10% de gás pode danificar permanentemente isoladores, blindagens, contatos de arco e contatos principais.

Por outro lado, o gás fluorado pode durar na atmosfera por 3.200 anos antes de ser decomposto pelos raios UV e é 22.800 vezes mais eficaz do que o CO₂ na captura de radiação infravermelha na atmosfera, de acordo com a Agência de Proteção Ambiental. O gás SF₆ tem o maior potencial de aquecimento global de todos os gases conhecidos pelo que a sua utilização, manuseamento e reciclagem deverá ser muito cuidada.

De modo a reduzir os riscos de falha e avaria dos equipamentos e consequentes custos a nível da segurança, ambiente, operacionalidade e de reparação, torna-se necessário desenvolver um plano de manutenção adequado (Anexo A), composto por rotinas e atividades de manutenção preventiva, executadas por técnicos especializados, de acordo com uma periodicidade estabelecida tendo em conta a especificidade da instalação.

Com a aproximação do término da vida útil destes equipamentos, 30 anos, dada pelo fabricante deverá ser equacionada e estudada a eventual substituição destes

equipamentos por outros com tecnologias mais modernas, com maiores benefícios a nível de custos de exploração, manutenção e ambientais.

Neste momento, já existem no mercado soluções de quadros de média tensão que utilizam o ar puro como isolante e a tecnologia de interrupção de corte em vácuo, como é o caso da gama SM AirSeT da Schneider Electric.

3.1.2 - Sistema de terras de proteção

O edifício foi equipado com um sistema único de terras, constituído por um condutor distribuído ao longo da sua periferia, ligado ao ferro da sua estrutura, nas fundações.

O condutor utilizado foi do tipo cabo entrançado de cobre nu de 50 mm² de secção, enterrado a cerca de 1 m do pavimento.

Nos pontos de ligação à estrutura metálica do edifício, o anel de terras foi reforçado, com piquetes de terra com 2 m de comprimento instalados na vertical, conferindo ao sistema um valor de resistência de terra inferior a 1 ohm.

O sistema preconizado para a proteção contra as descargas atmosféricas, foi do tipo pára-raios de Franklin, constituído por varão de cobre de Ø 8 mm sobre braçadeiras instalado na cumeeira das coberturas, interligado através de ligadores bimetalicos às prumadas, permitindo as descargas das sobretensões atmosféricas para o solo através de eléctrodos, interligados com o sistema de terras, conforme ilustrado na Figura 13.

Não foi considerada a instalação de hastes de descarga porque a conceção da cobertura não o permitiu.

As estruturas metálicas na cobertura, nomeadamente a chaminé da central térmica e as antenas, foram interligadas à terra de proteção do edifício.

De modo a evitar sobretensões provenientes de descargas atmosféricas na instalação de TV foi intercalado um dispositivo no cabo coaxial da antena de modo a possibilitar o escoamento para a terra das sobretensões provenientes desses fenómenos.

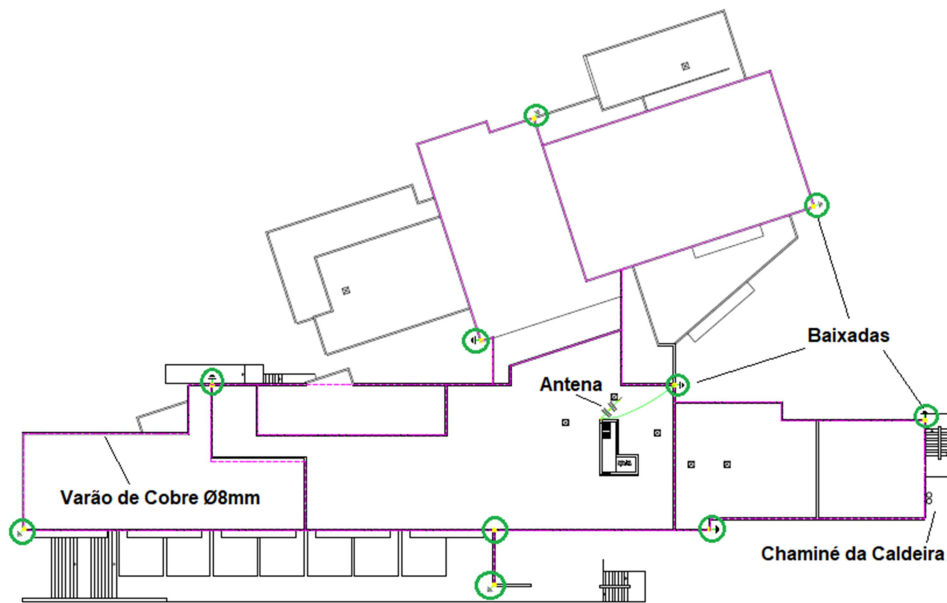


Figura 13 – Sistema de Proteção do Edifício [7].

O referido dispositivo é constituído por um corpo de latão de pequenas dimensões com tomadas para cabo coaxial em cada extremidade e ligador de terra num dos lados, de impedância característica de 75 ohm.

3.1.2.1- Análise da solução

As metodologias utilizadas atualmente para proteção de edifícios contra descargas atmosféricas baseiam-se nos seguintes sistemas:

- Gaiolas de Faraday
- Pára-raios Ionizantes.

O sistema de proteção tipo Gaiola de Faraday caracteriza-se por um conjunto de hastes captoras e emalhados de condutores ligados à terra com a função, segundo a Lei de Gauss de isolar eletricamente o seu interior.

Nos sistemas de proteção que utilizam pára-raios Ionizantes, a rigidez dielétrica do ar circundante é reduzida pelo equipamento por meio de micro-disrupções, conseguindo desta forma antecipar a descarga atmosférica face a uma haste captora tradicional.

Em Portugal, ambas as metodologias de proteção são válidas, no entanto, a sua implementação rege-se por normas distintas.

No caso das Gaiolas de Faraday o seu dimensionamento e execução deverão obedecer ao especificado na norma portuguesa NP EN 62305 [14], enquanto os sistemas com pára-raios ionizantes deverão seguir o descrito na norma portuguesa NP 4426 [15].

O caso em estudo insere-se no âmbito da norma NP EN 62305 [14] pelo que será com base nesta que será efetuada a análise da solução.

A norma NP EN 62305-3 propõe a realização de um Sistema de Proteção de Descargas Atmosféricas (SPDA), composto por uma parte exterior e uma parte interior.

A parte interior do SPDA tem a função de impedir a manifestação de diferenças de potenciais perigosos.

A instalação exterior do SPDA tem por objetivo captar as descargas atmosféricas sem danos no ponto de impacto assim como, escoar e dispersar, sem danos, a corrente de descarga em direção à terra.

A instalação exterior do SPDA é, portanto, composta por dispositivos captadores, por condutores de baixada e de redes de terra.

Os componentes que formam a instalação exterior do SPDA podem ser realizados através da utilização de elementos naturais da construção, e/ou pela instalação de elementos específicos que constituem o pára-raios e as ligações à terra.

Esta norma NP EN 62305 divide-se em quatro partes, conforme descrito na Tabela 3:

Tabela 3- Composição da norma EN62305.

Classificação	Título
EN 62305 – 1	Proteção contra descargas atmosféricas Parte 1: Princípios Gerais
EN 62305 – 2	Proteção contra descargas atmosféricas Parte 2: Avaliação de Risco
EN 62305 – 3	Proteção contra descargas atmosféricas Parte 3: Danos físicos nas estruturas e riscos de vida
EN 62305 – 4	Proteção contra descargas atmosféricas Parte 4: Sistemas elétricos e eletrónicos no interior das estruturas

Antes de iniciar o dimensionamento de um SPDA é essencial realizar a análise de risco de acordo com a NP EN 62305-2 [14] para determinar o nível de proteção do sistema a implementar, Tabela 4.

Tabela 4- Nível de proteção segundo EN62305-1.

Nível de proteção	IV	III	II	I
Eficácia do sistema de proteção, (%)	80	90	95	98

Obtido o nível de proteção do sistema é possível definir as principais características da Gaiola de Faraday, nomeadamente:

- O trajeto do condutor a instalar na cobertura;
- A localização e dimensões das hastes captoras;
- As dimensões do emalhado na cobertura;
- As distâncias máximas entre baixadas;
- A rede de terra e equipotencializações.

Condutor a instalar na cobertura

O condutor de captura deverá ser instalado ao longo do perímetro da cobertura da estrutura.

O tipo de material e a sua dimensão deverão ser selecionados de acordo com o descrito na tabela 6 da NP EN62305-3 [14], (Anexo B), podendo ser dos seguintes tipos:

- Cobre
- Cobre estanhado
- Alumínio
- Liga de alumínio
- Aço galvanizado a quente
- Aço inoxidável

A solução mais adotada é normalmente o varão Ø 8 mm em cobre, aço inox ou aço cobreado por apresentar uma elevada resistência à corrosão.

As fixações do condutor à estrutura são normalmente realizadas por blocos de suporte ou fixações para condutor redondo. As ligações entre o varão são realizadas mediante ligadores por aperto mecânico, Figura 14.



Figura 14 – Exemplos de Suportes de fixação [16].

A solução adotada no caso em estudo foi o varão de cobre de 8 mm de diâmetro, instalado em suportes de fixação por aperto, o que vai ao encontro da especificação da norma.

Hastes captoras

Para a definição da localização e dimensões das hastes captoras, bem como a tipologia e características dos materiais constituintes das mesmas, deverá ser seguida a especificação da norma EN 62305-3 [14], nomeadamente o ponto 5.2.- Sistemas de captadores e Anexo A – Colocação do Sistema de Captação.

As hastes captoras devem ser instaladas nas esquinas, pontos salientes ou nos ângulos de acordo com os seguintes métodos:

- Método da esfera rolante;
- Método do ângulo de proteção;
- Método da malha.

MÉTODO DA ESFERA ROLANTE

O método de esfera rolamento é apropriado para definição das zonas de proteção em qualquer tipo de edifício, em particular nos de geometria mais complexa. Consiste na identificação das áreas da estrutura onde existe um maior risco de serem atingidas por uma descarga atmosférica, onde é necessário efetuar a proteção do edifício, conforme ilustrado na Figura 15.

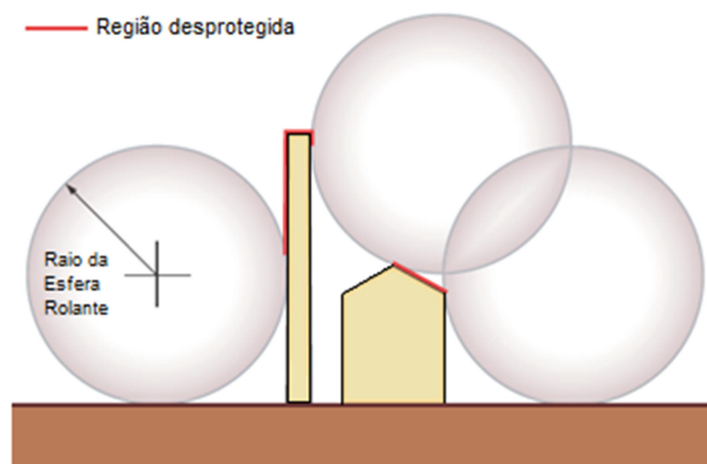


Figura 15 – Método da esfera rolante [17].

Recorrendo-se a uma esfera imaginária que rola pela estrutura em todas as possíveis direções, é possível determinar a área protegida pelo subsistema de captação, ou seja, caso nenhum ponto da estrutura, com exceção do subsistema de captação, tocar na esfera fictícia, a área está protegida.

O raio da esfera é calculado através da expressão 3.1, tendo em conta a classe do SPDA pretendido.

$$H_c = R_e \times \left[1 - \sqrt{1 - \left[\frac{L_e}{2R_e} + \sqrt{\frac{H_{ext}}{R_e}} \times \left(2 - \frac{H_{ext}}{R_e} \right) \right]^2} \right] \quad (3.1)$$

Onde:

- H_c é a altura do captor (m);
- R_e é o raio da esfera rolante (m);
- L_e é a largura da estrutura (m)
- H_{ext} é a altura da extremidade da edificação (m)

MÉTODO DO ÂNGULO DE PROTEÇÃO

O método do ângulo de proteção é uma simplificação do método anterior, sendo apropriado para edifícios com formas mais simples, no entanto só é válido para as alturas iguais ao método da esfera rolante indicadas na Tabela 5.

Tabela 5- Classe do sistema de proteção.

Classe do Sistema	Raio da Esfera rolante (r) m
I	20
II	30
III	45
IV	60

O raio de proteção conferido pela haste captora é obtido através da altura entre a haste e a superfície a proteger a multiplicar pela tangente do ângulo obtido pelo gráfico representado na Figura 16:

$$R_p = tg(\alpha) \cdot h \quad (3.2)$$

As curvas do gráfico determinam o ângulo para cada nível de proteção. Todas as zonas suscetíveis de impacto direto de uma descarga atmosférica deverão estar dentro do

volume de proteção do sistema. Tipicamente são colocadas hastes nos vértices da estrutura e hastes adicionais posicionadas estrategicamente.

O ângulo de proteção difere com a altura da haste e a classe de proteção do sistema, conforme representado na Figura 17..

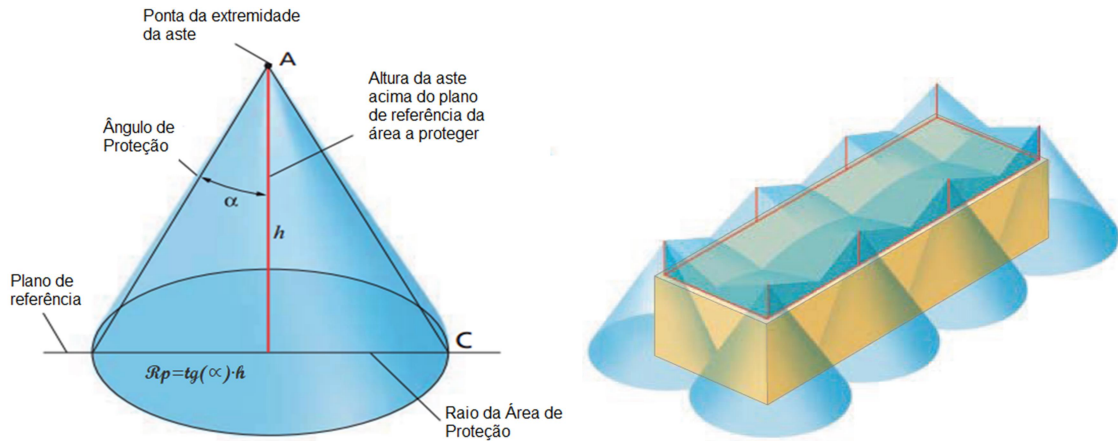
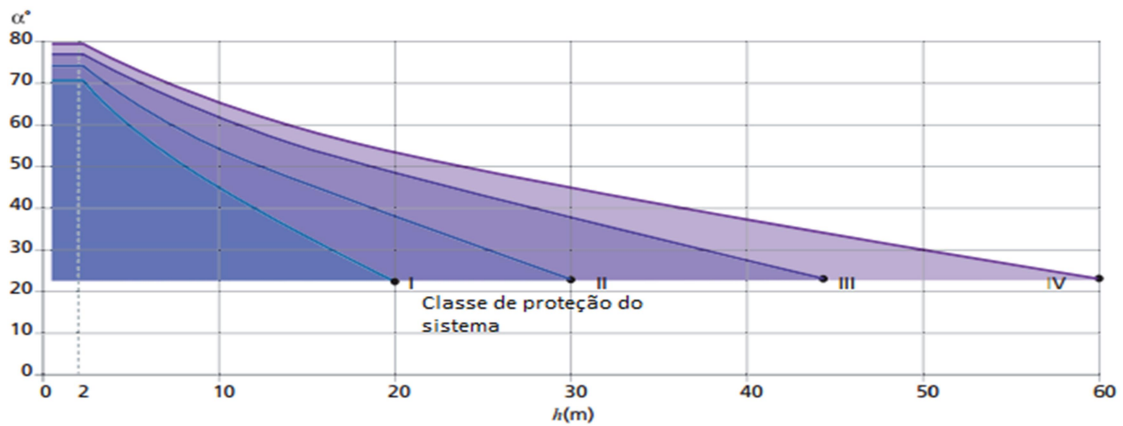


Figura 16 – Volume de proteção contra descargas atmosféricas [17].



Nota 1: Não aplicável para além dos valores marcados com "●". Nestes casos devem ser aplicados apenas os métodos da esfera rolante e métodos das malhas

Nota 2: h é a altura da haste acima do plano de referência da aérea a proteger.

Nota 3: O ângulo não se altera para valores de h para além de 2 m.

Figura 17 – Ângulo de proteção [17].

MÉTODO DA MALHA

O método da malha é aplicável quando se pretende proteger superfícies planas, Figura 18.

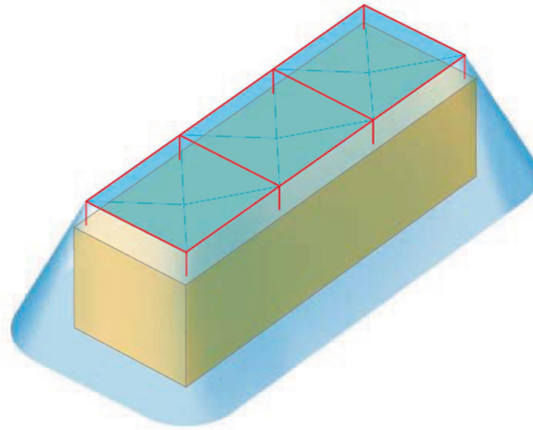


Figura 18 – Volume de proteção – Método da malha [17].

A dimensão do emalhado da cobertura é determinada pelo nível de proteção pretendido no SPDA. Na Tabela 6 estão definidas as dimensões máximas do emalhado a instalar na cobertura tendo em conta o nível de proteção.

Tabela 6- Tabela 2 da EN 62305-3.

Nível de Proteção	Dimensões do emalhado (m)
I	5x5
II	10x10
III	15x15
IV	20x20

O material a utilizar no emalhado deverá ser selecionado de acordo com o estabelecido na tabela 6 da EN62305-3 [14], (Anexo B).

Baixadas

Os condutores de descida (baixadas) que interligam o sistema de hastes captoras e o eletrodo de terra deverão ser instalados com o trajeto mais curto e direto possível.

Quanto maior for o número de baixadas maior será a divisão de corrente proveniente da descarga atmosférica.

É possível melhorar ainda mais o escoamento das correntes, equipotencializando o ferro da estrutura do edifício.

No que diz respeito à distância entre baixadas e suas localizações, deverão ser instaladas nos vértices da estrutura e entre estes sempre que seja necessário reforçar o escoamento das descargas, atendendo ao nível de proteção adotado. As distâncias máximas entre baixadas estão definidas na Tabela 7.

Tabela 7- Tabela 4 da EN 62305-3.

Nível	Dimensões entre baixadas (m)
I	10
II	10
III	15
IV	20

As baixadas poderão ser embebidas, mas deverão ser garantidas as equipotencializações com a estrutura.

Eléttrodo de Terra

O sistema de aterramento é constituído basicamente por eléctrodos enterrados no solo.

A Norma EN62305-3 [14] recomenda um sistema de aterramento com resistência inferior a 10 Ω , mas frisa que a geometria e as interligações do sistema de aterramento são mais importantes do que a resistência propriamente dita. Na presença de uma descarga atmosférica é mais vantajoso a implementação de um sistema de aterramento devidamente interligado com uma geometria adequada.

O valor da resistência de aterramento em baixa frequência serve como referência, mas não representa o desempenho do aterramento frente a descargas atmosféricas que são fenómenos impulsivos.

De acordo com a mesma norma, o sistema de aterramento pode apresentar duas topologias básicas:

- Tipo A que consiste em condutores dispostos horizontalmente e verticalmente sob o solo, conectados a cada condutor de descida.
- Tipo B que consiste em condutores dispostos, pelo menos, em 80% de sua extensão sob o solo, formando um anel no entorno da edificação. Tal tipo de sistema também pode ser constituído por sistema em “grid” sob toda a superfície da edificação, sistema este constituído por condutores não naturais ou pela própria ferragem estrutural da edificação.

As dimensões mínimas dos elétrodos que devem ser respeitadas na implementação do sistema de aterramento, atendendo ao nível de proteção do SPDA, podem ser observadas na Figura 19.

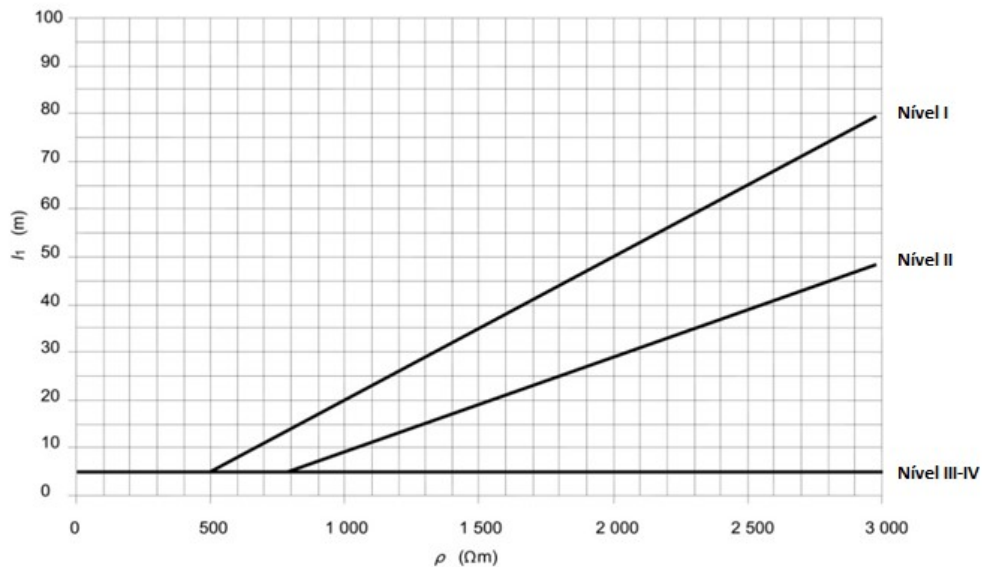


Figura 19 – Volume de proteção – Método da malha [17].

O elétrodo de terra é vital para a dispersão no solo da corrente proveniente da descarga atmosférica, em segurança e de um modo eficiente pelo que é muito importante o seu correto dimensionamento.

Todas as baixadas deverão estar equipotencializadas, constituindo um anel de terra instalado no solo a uma profundidade mínima de 0,8 m, de modo a evitar o surgimento de tensões de passo. O anel de terra é geralmente constituído pelo mesmo material da baixada, devendo em cada baixada ser instalado um piquete de reforço para melhorar o escoamento da corrente de descarga para a terra.

No Anexo C encontram-se listados os materiais admissíveis definidos na norma NP EN 62305 [14].

Em suma, podemos concluir que os materiais utilizados no SPDA estão de acordo com a NP EN 62305 [14]. No entanto, o modo como este foi idealizado não permite conferir ao mesmo qualquer nível de proteção.

O varão de cobre de $\varnothing 8 \text{ mm}$ foi instalado na cobertura do edifício seguindo um trajeto pela periferia do edifício. No entanto, não foi interligado a qualquer haste captora nem interligado de modo a formarem um emalhado, como definido na norma.

As baixadas foram executadas pelo exterior do edifício com um distanciamento, entre elas, superior aos 20 m o que não favorece o escoamento das correntes provenientes de uma descarga atmosférica.

A geometria do eletrodo de terra insere-se no *Tipo B* da NP EN62305 [14], tendo sido executado de forma a favorecer uma boa dispersão no solo das correntes provenientes da descarga atmosférica.

Foram interligadas as partes metálicas do edifício a nível da estrutura, antenas e chaminé da caldeira o que permite evitar o aparecimento de diferenças de potencial perigosas, entre os vários elementos estruturais.

Trata-se de uma instalação executada há mais de duas décadas, que apesar de ter sido executada de acordo as normas e regulamentos em vigor, nessa data, está neste momento obsoleta.

A solução para a adequação do sistema às novas normas e regulamento, de uma forma pouco onerosa, passaria pela instalação de um pára-raios eletrónico, no ponto mais alto do edifício, com um raio de ação capaz de cobrir a proteção de toda a infraestrutura.

3.1.2.2 – Manutenção de SPDA

Tendo em conta o descrito na norma NP EN62305 [14], a inspeção de um sistema de proteção contra descargas atmosféricas deve ser realizadas por técnicos especialistas em sistemas de proteção contra as descargas atmosféricas, nas seguintes ocasiões particulares:

- Durante a instalação dos SPDA;
- Depois de concluída a instalação;
- Em caso de modificação ou de reparação significativa da estrutura protegida;
- Na sequência de qualquer impacto conhecido no SPDA ou na vizinhança;
- Regularmente.

A frequência das inspeções pode ser estabelecida de acordo com os seguintes critérios:

- A classificação da estrutura;
- A classe do SPDA;
- As condições da envolvente local.

De acordo com a norma, a inspeção dos SPDA deve ser realizada regularmente de forma a garantir que os sistemas cumprem os requisitos para os quais foram concebidos inicialmente e no que diz respeito à frequência de inspeção proposta.

Quando numa inspeção forem detetadas situações de não conformidades que careçam de correção ou reparação, estas devem ser corrigidas de imediato.

Para a elaboração do plano de manutenção preventivo associado a um SPDA dever-se-á ter em consideração as condições atmosféricas e ambientais a que os elementos do sistema estão sujeitos, a maior ou menor exposição ao perigo da descarga existente no local e o nível de proteção definido para a estrutura.

Com base nestes critérios é possível elaborar um Plano de Inspeções para manutenção preventiva, conforme é o exemplo apresentado no Anexo D.

3.2 – COMPLEXO DE PISCINAS COBERTAS DE ALBUFEIRA

O Complexo de Piscinas de Albufeira, trata-se de um edifício municipal onde a CISEC é responsável pela Manutenção Multitécnica e pela condução técnica dos sistemas.



Figura 20 – Complexo de Piscinas Municipais de Albufeira [18] [19].

O edifício do complexo municipal das piscinas de Albufeira é um edifício cuja construção datado do ano de 2007 e cuja responsabilidade pela elaboração do projeto de eletricidade e a sua execução foi assumida pelo candidato.

De acordo com as Regras Técnicas de Instalações Elétricas de Baixa Tensão (RTIEBT) [19], trata-se de um edifício do tipo “Estabelecimento recebendo público”, que possui uma instalação elétrica da categoria A e B, alimentada em média tensão a 15 kV, com

uma potência de 400 kVA, um gerador eletrogéneo de 250 kVA e um sistema fotovoltaico de 75 kW.

As instalações que fazem parte deste edifício são:

Instalações Elétricas

- Posto de Seccionamento e de Transformação
- Grupo Gerador
- Sistema Fotovoltaico
- Rede de Alimentação
- Quadros Elétricos e Sistema de Automação
- Sistema de Terras de proteção
- Iluminação Geral e de Emergência
- Tomadas e Alimentações Especiais
- Rede de Telecomunicações
- Detecção Automática e Alarme de Incêndios
- Detecção e Alarme de Intrusão
- Proteção Contra Descargas Atmosféricas
- Iluminação Exterior

Instalações Mecânicas

- Rede de Águas e Esgotos
- Rede de Armada de Combate a Incêndio
- Grupo Hidroressor de Incêndio
- Sistemas de Recirculação e Filtragem da Água das Piscinas
- Sistemas de Tratamento Químico de Água
- Sistema de Tratamento de Água por UV
- Sistemas de Aquecimento de Águas
- Sistemas de Coletores Solares

Instalações de Climatização

- Caldeira de 250 kW
- Unidade de Climatização e Desumidificação da Nave
- Redes Hidráulicas de climatização
- Bombas de Recirculação
- Redes Aerúlicas

- Unidades de Tratamento de Ventilação (UTV)
- Unidades de Extração
- Sistemas com Unidade com Fluxo de Refrigerante Variável (VRF)
- Gestão Técnica Centralizada (GTC)

Das instalações técnicas listadas salienta-se a instalação de produção de energia elétrica por painéis fotovoltaicos, cuja responsabilidade pela execução do projeto foi assumida pelo candidato durante o período de estágio académico e sobre a qual será feita uma descrição sucinta e um comentário da mesma.

3.2.1 – Sistema Fotovoltaico

O edifício do complexo das Piscinas Cobertas de Albufeira trata-se de uma infraestrutura coletiva que se encontra aberta ao público entre as 8:00 h e as 21:00 h de segunda-feira a sábado.

Dada a tipologia do edifício e ao fim a que se destina, o complexo das piscinas possui um perfil de carga contínuo com um incremento significativo de energia durante o horário de abertura ao público devido à entrada em funcionamento dos equipamentos de climatização dos espaços de ginásio e escritórios.

Durante o restante horário, todos os sistemas de recirculação, tratamento e aquecimento de água das piscinas e climatização da nave permanecem em funcionamento de modo a garantir os parâmetros mínimos necessários à reabertura da infraestrutura no dia seguinte.

O consumo de energia do edifício ocorre fundamentalmente nas horas em que a tarifa elétrica é mais onerosa e que coincide com as horas de maior exposição solar, pelo que a implementação deste sistema tornou possível reduzir substancialmente a fatura energética do edifício.

A água da cobertura orientada a Sudeste possui uma área de cobertura aproximada de 2000 m², com uma inclinação de 14° com condições adequadas à instalação de um sistema de produção elétrica através de painéis fotovoltaicos, pelo que foi a tipologia de sistema escolhida para este edifício.

O sistema fotovoltaico inicialmente projetado era composto por 200 módulos fotovoltaicos, com um total de 71 kWp, fixados à cobertura através de estrutura coplanar em alumínio bruto.

Os painéis fotovoltaicos foram agrupados em strings de modo a formarem 3 subsistemas fotovoltaicos com um inversor de potência nominal de 25 kW, conforme representado no esquema de princípio ilustrado na Figura 21.

A instalação foi ainda equipada com um sistema de gestão de energia para monitorização da energia eléctrica produzida.

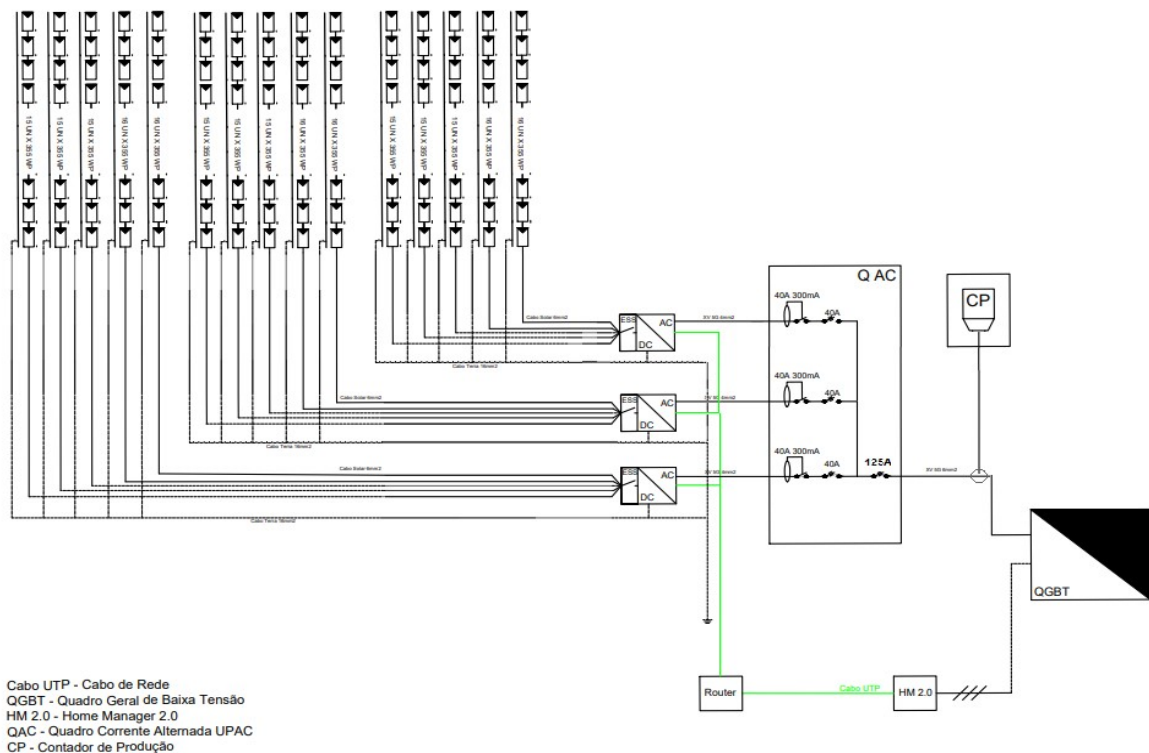


Figura 21 – Diagrama de princípio [20].

O projeto do sistema previa a instalação de 5 strings de 15 módulos de 355 Wp em cada inversor, contudo a constante evolução do fabrico dos módulos fotovoltaicos levou a que a solução preconizada em projeto, na altura da execução, se encontrasse obsoleta pelo que foi necessário efetuar o redimensionamento das strings dos inversores de acordo com as potências dos módulos disponíveis no mercado.

A escolha dos módulos foi efetuada de modo a otimizar a produção de energia do sistema aumentando a potência unitária do módulo dentro dos limites das entradas CC dos inversores, sem ultrapassar os custos previstos inicialmente para a execução da obra.

A solução de módulos fotovoltaicos adotada, na fase de execução, foi utilizar os da marca Astronergy, modelo CHSM72M-HC, com as potências de 395 Wp e 405 Wp, cujas características elétricas estão indicadas na Tabela 8.

Tabela 8- Características técnicas dos módulos fotovoltaicos instalados [21][22].

ELECTRICAL SPECIFICATIONS		
STC rated output (P_{mpp})*	395 Wp	405 Wp
Rated voltage (V_{mpp}) at STC	41.07 V	41.59 V
Rated current (I_{mpp}) at STC	9.62 A	9.74 A
Open circuit voltage (V_{oc}) at STC	48.98 V	49.53 V
Short circuit current (I_{sc}) at STC	10.17 A	10.31 A
Module efficiency	19.9%	20.0%
Rated output (P_{mpp}) at NMOT	293.6 Wp	301.1 Wp
Rated voltage (V_{mpp}) at NMOT	38.12 V	38.61 V
Rated current (I_{mpp}) at NMOT	7.70 A	7.80 A
Open circuit voltage (V_{oc}) at NMOT	45.87 V	46.38 V
Short circuit current (I_{sc}) at NMOT	8.19 A	8.31 A
Temperature coefficient (P_{mpp})	- 0.3528%/°C	
Temperature coefficient (I_{sc})	+0.0400%/°C	
Temperature coefficient (V_{oc})	- 0.2769%/°C	
Nominal module operating temperature (NMOT)	44±2°C	
Maximum system voltage (IEC/UL)	1500V _{DC}	
Number of diodes	3	
Junction box IP rating	IP 67	
Maximum series fuse rating	20 A	

STC: Irradiance 1000W/m², Cell Temperature 25°C, AM=1.5
 NMOT: Irradiance 800W/m², Ambient Temperature 20°C, AM=1.5, Wind Speed 1m/s

A nível do Inversor manteve-se a solução da marca SMA, modelo Sunny Tripower 25000TL, cujas características da entrada CC estão representadas na Tabela 9.

Tabela 9- Características técnicas da Entrada CC do Inversor [23].

Dados técnicos	Sunny Tripower 25000TL
Entrada (CC)	
Potência CC máx. ($\alpha \cos \varphi = 1$) / potência atribuída CC	25550 W / 25550 W
Tensão máx. de entrada	1000 V
Intervalo de tensão MPP / tensão atribuída de entrada	390 V a 800 V / 600 V
Tensão mín. de entrada / tensão de entrada inicial	150 V / 188 V
Corrente máx. de entrada Entrada A / Entrada B	33 A / 33 A
Número de entradas MPP independentes / strings por entrada MPP	2 / A:3; B:3

Aplicando as Leis de Kirchhoff ao circuito simplificado do sistema, Figura 22, foi possível redimensionar as strings e a arquitetura do sistema, com base nas características dos equipamentos.

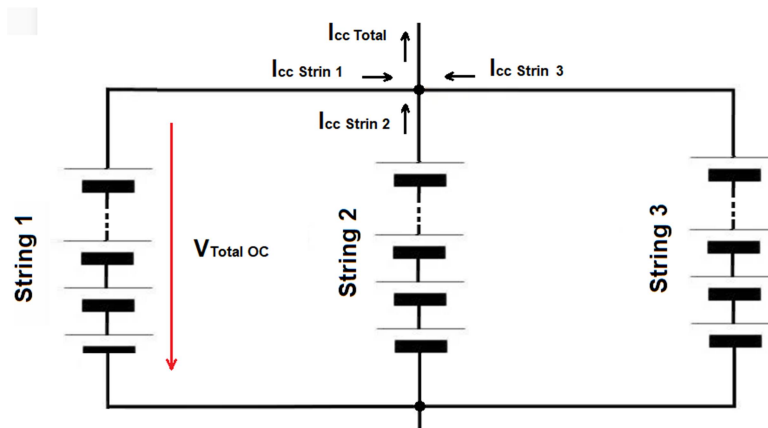


Figura 22 – Esquema simplificado do circuito.

Traduzindo-se nas seguintes equações:

$$V_{Total\ OC} = V_{OC\ mód.1} + V_{OC\ mód.2} + \dots + V_{OC\ mód.n} \quad (3.3)$$

$$I_{CC\ Total} = I_{cc\ String\ 1} + I_{cc\ String\ 2} + I_{cc\ String\ 3} \quad (3.4)$$

Através das expressões 3.3 e 3.4 é possível obter os resultados indicados na Tabela 9 de dimensionamento das strings, em cada inversor.

Aplicando os resultados a cada inversor foi possível distribuir os 200 módulos fotovoltaicos pelos 3 inversores, de acordo com a configuração ilustrada na Figura 23.

Tabela 10- Tabela de dimensionamento das Strings.

TABELA DE DIMENSIONAMENTO DE STRINGS						
INVERSOR						
Tensão máxima admissível (V)	1000					
Tensão de operação (V)	600					
Corrente máxima mpp1/mpp2 (A)	33 / 33					
Módulos fotovoltaicos		CHSM72M-HC 405Wp		CHSM72M-HC 395Wp		
Potência STC (Wp)	405		395			
Tensão STC (Voc) (V)	49,53		48,98			
Corrente STC (Icc) (A)	10,31		10,17			
INVERSOR	1	2	3			
	26.975 W	26.465 W	26.410 W			
ENTRADA 1 (mpp1)						
Nº de Strings por entrada (mpp)	3		3		2	
Nº de Paineis por String (un)	17	x	405 Wp	17	x	395 Wp
Tensão STC (Voc) - Total	842,01		OK	832,66		OK
Corrente STC (Icc) - String	10,31			10,17		
Corrente STC (Icc) - Total por mpp	30,93		OK	30,51		OK
ENTRADA 2 (mpp2)						
Nº de Strings por entrada (mpp)	1		1		2	
Nº de Paineis por String (un)	16	x	405 Wp	16	x	395 Wp
Tensão STC (Voc) - Total	792,48		OK	783,68		OK
Corrente STC (Icc) - String	10,31			10,17		
Corrente STC (Icc) - Total por mpp	10,31		OK	10,17		OK

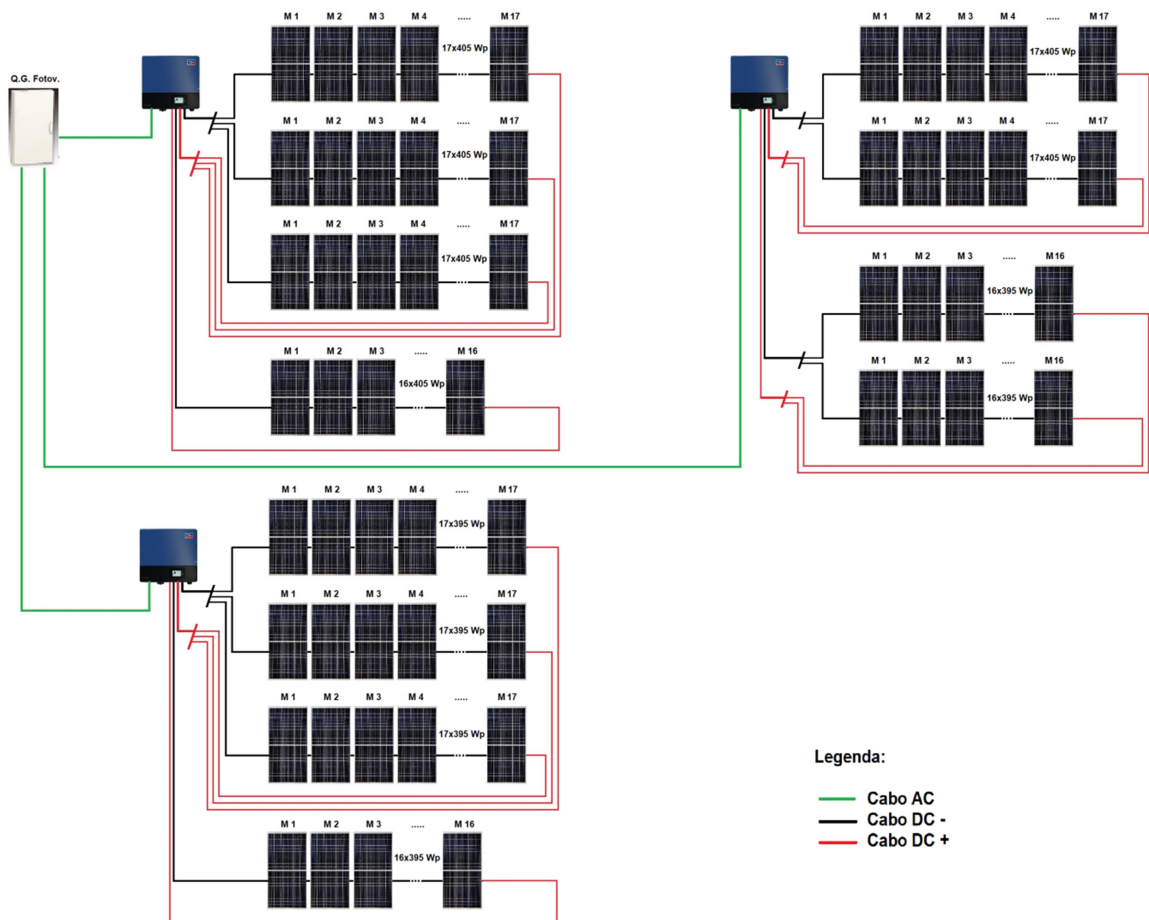


Figura 23 – Layout do sistema fotovoltaico.

No Anexo E é apresentado o dimensionamento efetuado no software SUNNY DESIGN, do fabricante dos inversores instalados, que vai ao encontro dos cálculos apresentados, cujo quadro resumo é apresentado na Tabela 11.

Comparando os valores da energia produzida com os valores recolhidos no sistema de monitorização, entre Junho de 2021 e Maio de 2022, em um ano de produção, é possível verificar que os valores previstos inicialmente são semelhantes aos reais (147.656,80 kWh) o que representa uma redução bastante significativa do custo energético do edifício bem como das emissões de CO₂ para o ambiente.

Tabela 11- Tabela de dimensionamento.

Dados de dimensionamento fotovoltaico			
Quantidade total de módulos FV:	200	Rácio de desempenho*:	87,5 %
Potência de pico:	79,67 kWp	Rendimento energético espec.*:	1852 kWh/kWp
Número de inversores fotovoltaicos:	3	Perdas em linha (em % de energia FV):	---
Potência nominal CA dos inversores fotovoltaicos:	75,00 kW	Carga desequilibrada:	0,00 VA
Potência activa CA:	75,00 kW	Consumo anual de energia:	600 MWh
Relação de potência activa:	94,1 %	Autoconsumo:	147 MWh
Rendimento energético anual*:	147,55 MWh	Quota de autoconsumo:	99,8 %
Excedente causado pelo SMA Shadefix:	0 kWh	Taxa de autonomia:	24,5 %
Factor de utilização da energia:	100 %	Redução de CO ₂ após 20 ano(s):	991 t

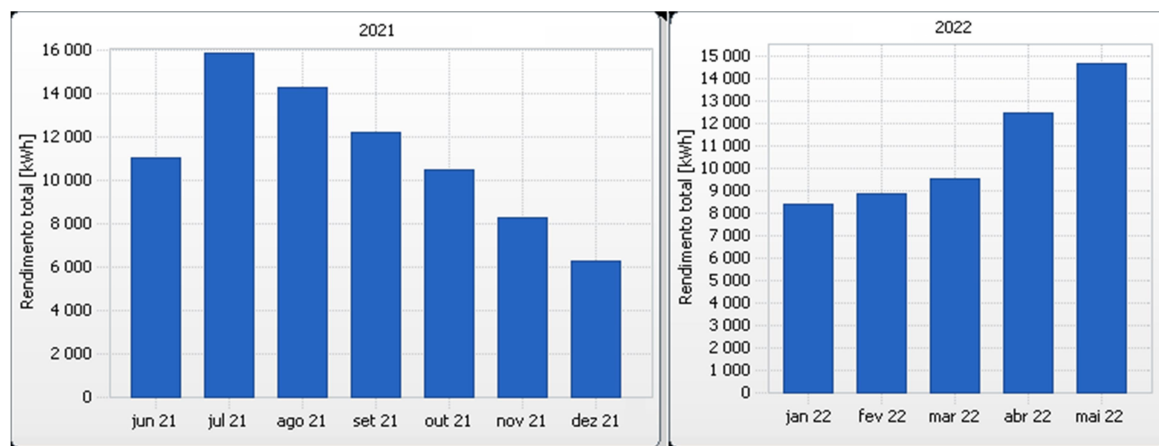


Figura 24 – Produção de energia elétrica.

3.2.1.1 – Manutenção de Sistema Fotovoltaico

Os sistemas fotovoltaicos estáticos de produção de energia elétrica possuem uma construção simples, sem partes móveis, no entanto deverão ser sujeitas a procedimentos de manutenção que assegurem o correto funcionamento do sistema durante o seu

período de vida útil, sob pena de não se obter o rendimento do sistema inicialmente previsto.

A norma IEC 62446-1 [24] define os procedimentos de operação e de manutenção que o Dossier Técnico do sistema fotovoltaico deve possuir, nomeadamente:

- a) Procedimentos para verificação do correto funcionamento do sistema.
- b) Guia de procedimento de como atuar em caso de falha do sistema.
- c) Procedimentos de desconexão e isolamento de emergência.
- d) Recomendações e procedimentos de manutenção preventiva.
- e) Eventuais considerações relacionadas com futuras intervenções no edifício que possam estar relacionadas com o sistema fotovoltaico.
- f) Documentos de garantia dos módulos e dos inversores.
- g) Documentação relativa a eventuais trabalhos de impermeabilização.

A nível dos procedimentos de manutenção, tendo em conta as especificações descritas na norma IEC 62446-1 [24], podem ser definidas as rotinas de manutenção preventiva indicadas na Tabela 12.

Tabela 12- Rotinas de manutenção preventiva.

ATIVIDADE	PREODICIDADE		
	Trimestral	Semestral	Anual
Inspecionar visualmente o funcionamento geral do equipamento.	X		
Verificação do estado de conservação dos módulos.	X		
Limpeza geral dos módulos fotovoltaicos.		X	
Verificação do estado de conservação e funcionamento do inversor.		X	
Análise de defeitos, deficiências e falhas no sistema.		X	
Verificação do estado de conservação dos isolamentos dos condutores e cabos.		X	
Verificação do estado aparente, dos aparelhos de corte e de proteção.			X
Verificação de continuidade e das ligações das massas à terra.			X
Medição de potência dos módulos solares individualmente ou das respetivas strings.			X
Medição das tensões simples e compostas.		X	X
Limpeza geral dos equipamentos.			X
Termografia para verificação de hot spots nos módulos.			X
Elaboração do relatório de intervenção.		X	

As rotinas que representam o maior dispêndio de tempo a nível de manutenção e que tem um grande impacto no rendimento do sistema fotovoltaico são a limpeza e a análise termográfica dos módulos fotovoltaicos.

Se os sistemas solares não forem limpos regularmente, poderá existir um aumento das perdas energéticas, diminuindo o desempenho do sistema, pelo que durante o desenvolvimento do projeto deverão ser estudadas as soluções de limpeza mais adequadas e respetivos custos de exploração associados, as quais podem ser influenciados por vários fatores, nomeadamente:

- Localização geográfica do sistema.
- Grau de inclinação dos painéis.
- Grau de poluição do ar no local.
- Acessibilidade aos módulos fotovoltaicos.
- Disponibilidade de mão-de-obra no local.

A limpeza dos módulos fotovoltaicos pode ser realizada com água, ou a seco, Figura 25 e Figura 26, com uma grande variedade de métodos que podem ser manuais ou automáticos, Figura 27 e Figura 28.



Figura 25 – Limpeza de módulos com água [25].



Figura 26 – Robô de limpeza – Central de Aswan no Egito [26].



Figura 27 – Limpeza manual de módulos fotovoltaicos [28].



Figura 28 – Limpeza mecanizada de módulos fotovoltaicos [27].

O grau de limpeza pode influenciar o desempenho dos módulos fotovoltaicos e dificultar a detecção de avarias nos equipamentos.

A análise termográfica para detecção de avarias nos painéis é um método muito eficaz, mas para ser utilizada é necessário que a superfície dos módulos esteja limpa de detritos e poeiras.

Através deste método é possível identificar pontos térmicos anormais na instalação, antecipando potenciais avarias antes de acontecerem ou identificando equipamentos em curto-circuito que estão a influenciar negativamente o rendimento do sistema fotovoltaico.

A norma IEC TS 62446-3 [29] define os métodos de inspeção termográfica em módulos e em centrais fotovoltaicas em operação e estabelece requisitos para o equipamento de medição, condições ambientais, procedimento de inspeção, relatório de inspeção, qualificação de pessoal e uma matriz de anormalidades térmicas como guia para a inspeção como é o exemplo da Figura 29.

Na figura 30 é possível identificar um ponto térmico anormal, na imagem termográfica efetuada a um sistema fotovoltaico, que indica que o módulo em causa tem uma célula com defeito que compromete a eficiência da string onde está inserido.

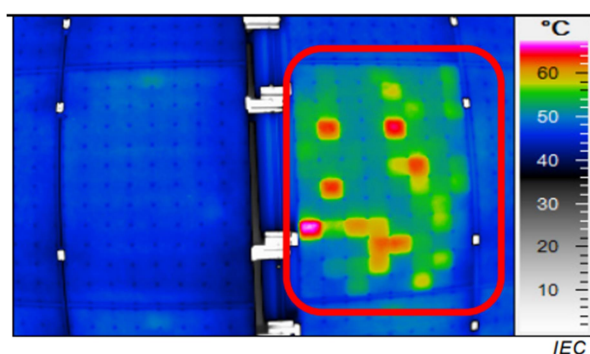


Figura 29 – Exemplo 2 de anomalia térmica em módulo - IEC TS 62446-3 [30].

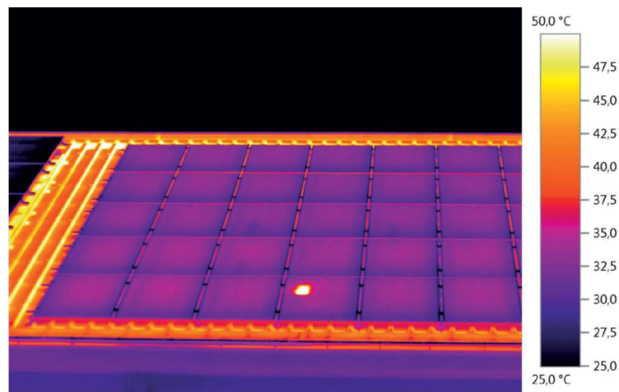


Figura 30 – Imagem termográfica de sistema fotovoltaico [31].

Portanto, é extremamente importante que estas ações de manutenção não sejam descuradas já que são mais um garante de que o sistema mantenha a sua eficiência e rendimento durante o período de vida útil da instalação.

3.3 – ETA DE TAVIRA

A Estação de Tratamento de Água de Tavira, Figura 31, trata-se de uma infraestrutura das Águas do Algarve responsável pelo tratamento de água superficial proveniente das albufeiras de Odeleite e Beliche. Tem uma capacidade máxima diária de produção de 190.000 m³, repartida por duas fases de 95.000 m³ cada. A população máxima servida atualmente é da ordem dos 460.000 habitantes, esperando-se que atinja os 530.000 habitantes no ano 2024.



Figura 31 – ETA de Tavira[32].

Durante o período de estágio académico foi assumido pelo candidato a responsabilidade pela execução dos trabalhos de manutenção corretiva de substituição do chiller

associado ao sistema de climatização do edifício onde se localiza o Laboratório de análise e o Centro de Comando do Processo.

O Edifício do Laboratório da ETA de Tavira, com 2 pisos, está equipado com um Sistema AVAC, instalado na cobertura, constituído por:

- 1 CHILLER para produção de água fria/água quente e respetiva recirculação.
- 1 UTA de ar totalmente novo para o Laboratório do 1.º andar.
- 1 UTA com recirculação para o Laboratório do R/C.
- 2 Ventiloinvetores com circulação de água para 2 Gabinetes no 1.º andar.

As razões que levaram as Águas do Algarve a efetuar a substituição deste equipamento foram as alterações introduzidas, nos últimos anos, na utilização dos vários espaços interiores do Laboratório terem produzido variações nas cargas térmicas desses mesmos espaços que resultaram numa maior dificuldade do CHILLER e respetivas UTA's em dar resposta às necessidades de climatização do edifício.

A potência dos equipamentos de climatização existentes na instalação são as indicadas na Tabela 13.

Tabela 13- Potência térmica dos equipamentos existentes.

Descrição	Potência Térmica (arrefecimento)
UTA 1	55,0 kW
UTA 2	21,1 kW
VC's	10,0 kW
Total.....	86,1 kW

Tendo em conta o elevado coeficiente de simultaneidade de funcionamento dos equipamentos e a eventual ampliação da instalação de climatização no futuro, optou-se pela instalação de um chiller com uma potência térmica cerca de 10% superior, modelo ZETA VER HP 9.2 da marca BLUE, com 90,44 kW em arrefecimento.

Após verificação do estado de conservação da instalação, foi detetado que a instalação apresentava um avançado estado de degradação a nível das tubagens de ferro preto que poderiam estar a limitar o caudal de água refrigerada aos equipamentos, pelo que foi necessário proceder-se à substituição da tubagem do circuito de água refrigerada a nível da cobertura, local onde a tubagem está mais sujeita às condições atmosféricas e onde a degradação era bem patente.

De modo a serem garantidos os valores adequados de caudal de água refrigerada foram instaladas válvulas dinâmicas com cartuchos de regulação de caudal adequados aos valores dos caudais nominais dos equipamentos, nos seus respectivos ramais de alimentação, conforme ilustrado na Figura 32.

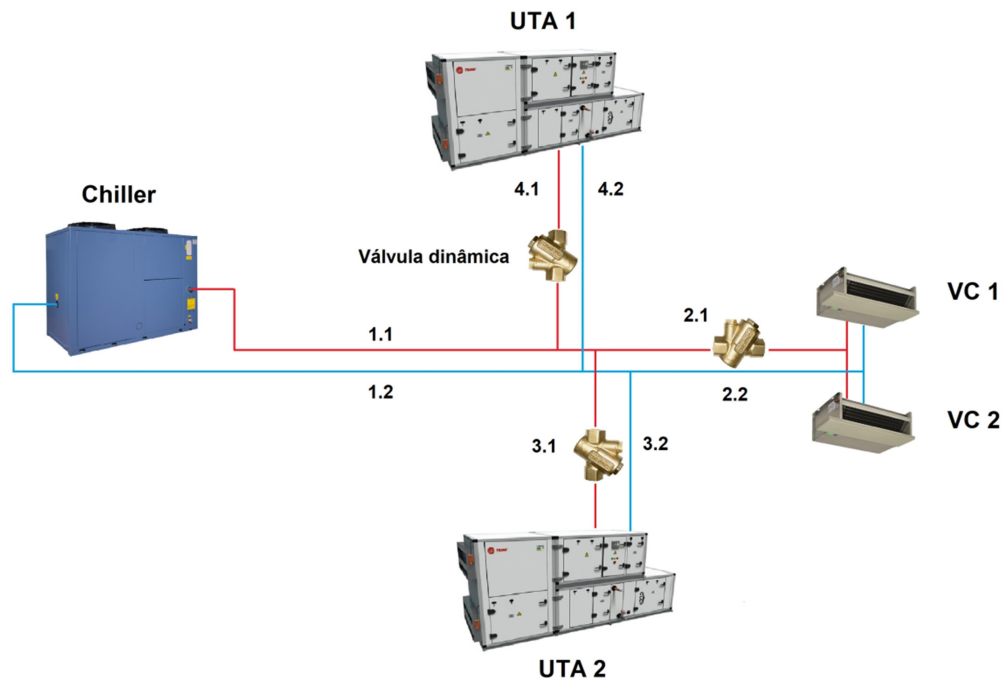


Figura 32 – Diagrama da rede hidráulica.

Antes da substituição das tubagens do circuito hidráulico foram confirmados os valores das velocidades de escoamento e as perdas de carga no circuito de forma a garantir os parâmetros mínimos, exigidos pelos fabricantes dos equipamentos, para que funcionem dentro dos seus regimes nominais.

O método utilizado para o cálculo da perda de carga na instalação foi a aplicação da equação de Bernoulli generalizada com perdas:

$$\frac{p_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{p_2}{\rho \cdot g} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + h_{\text{perdas}} - h_{\text{bom}} \quad (3.5)$$

Onde:

- Z_x é a altura do ponto x em relação ao PHR (Plano Horizontal de Referência) (m);

- p_x é a pressão do fluido no ponto x ($\text{N/m}^2=\text{Pa}$);
- γ é o peso específico do fluido (N/m^3);
- V_x é a velocidade do fluido no ponto x (m/s);
- g é a aceleração da gravidade (m/s^2);
- h é a perda de carga (m).

No sistema em estudo, a equação geral de Bernoulli poderá ser simplificada, por se tratar de um circuito fechado, considerando-se como nulo o valor da diferença de cotas, da diferença de energia cinética bem como das diferenças de pressões, traduzindo-se na equação 3.6.

$$h_{\text{bomba}} = h_{\text{perdas}} \quad (3.6)$$

A perda de carga é o somatório das perdas em linha e localizadas:

$$h_{\text{perdas}} = h_{\text{perdas linha}} + h_{\text{perdas localizadas}} \quad (3.7)$$

medida em m.c.a..

A obtenção das perdas de carga em linha poderão ser calculas recorrendo à expressão de Darcy Weisbach:

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g} \quad (3.8)$$

Onde:

- f - Coeficiente de atrito
- L - Comprimento do tubo [m]
- D - Diâmetro interior da tubagem [m]
- V - Velocidade [m/s]
- g - Aceleração da gravidade [m/s^2]

A velocidade de escoamento poderá ser determinada por:

$$V = \frac{Q}{A} \quad (3.9)$$

Onde:

- V – Velocidade do fluido [m/s];
- Q – Caudal [m³/s];
- A – área da tubagem [m²].

As perdas de carga localizadas, referente aos vários acessórios presentes na instalação foram calculadas pela seguinte expressão:

$$h_{\text{perdas localizadas}} = \sum K_i \times \frac{V^2}{2g} \quad (3.10)$$

Onde:

- K_i – Coeficiente de perdas dos acessórios (Anexo F)

A expressão final das perdas de carga é expressa em:

$$h_{\text{perdas}} = f \times \frac{L}{D} \times \frac{Q^2}{2g \times A^2} + \sum K_i \times \frac{Q^2}{2g \times A^2} \quad (3.11)$$

$$h_{\text{perdas}} = \left(f \times \frac{L}{D} + \sum K_i \right) \times \frac{Q^2}{2g \times A^2}$$

Para o cálculo do coeficiente de atrito (f), recorreu-se fórmula explícita de Haaland, que tem um erro mínimo aproximadamente de 2%.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} \cong -1,8 \log \left[\frac{6,9}{Re} + \left(\frac{\varepsilon}{3,7D} \right)^{1,11} \right] \quad (3.12)$$

Onde:

- Re - número de Reynolds;
- ε - rugosidade relativa [m];
- D - Diâmetro interior da tubagem [m].

A determinação do número de Reynolds poderá ser efetuada através da seguinte expressão:

$$Re = \frac{\rho \cdot V_{méd} \cdot D}{\mu} = \frac{V_{méd} \cdot D}{\nu} \quad (3.13)$$

Onde:

- ρ – Massa específica do fluido [kg/m³];
- $V_{méd}$ – Velocidade do escoamento [m/s];
- D – Diâmetro interior da tubagem [m];
- μ – Viscosidade dinâmica [kg/m.s];
- ν – Viscosidade sinemática da água normalmente 1×10^{-6} [m²/s].

Tipos de escoamentos a considerar:

$Re \leq 2300$ Escoamento laminar

$Re \leq 2300 \leq Re \leq 4000$ Escoamento de transição

$Re \geq 4000$ Escoamento turbulento

A Tabela 14 resume os resultados obtidos nos cálculos efetuados através da aplicação das expressões anteriores ao caso prático.

Tabela 14- Dimensionamento da rede hidráulica.

Troço	Designação	L (m)	Diâmetro Tubagem (polegadas)	DN (mm)	Dint (mm)	A (m ²)	q (m ³ /h)	Q (m ³ /s)	Q (l/s)	v (m/s)	h [m.c.a]	hL [m.c.a]	hf [m.c.a]	Re	f	
1.1	ida chiller	5	3	80	80,9	0,00514	18	0,00500	5,00	0,97	5,34	5,253	0,083	78692,18	0,028	
1.2	retorno chiller	3	3	80	80,9	0,00514	18	0,00500	5,00	0,97	13,24	13,193	0,050	78692,18	0,028	
2.1	ida VC's	10	3/4	20	21,7	0,00037	2	0,00056	0,56	1,50	4,66	2,461	2,197	32597,02	0,041	
2.2	retorno VC's	10	3/4	20	21,7	0,00037	2	0,00056	0,56	1,50	2,46	0,259	2,197	32597,02	0,041	
3.1	ida UTA2	7	1 1/2	40	41,9	0,00138	6	0,00167	1,67	1,21	2,75	2,328	0,418	50645,96	0,034	
3.2	retorno UTA2	7	1 1/2	40	41,9	0,00138	6	0,00167	1,67	1,21	0,62	0,198	0,418	50645,96	0,034	
4.1	Ida UTA1	4	2	50	53,1	0,00221	10	0,00278	2,78	1,25	2,45	2,261	0,189	66605,96	0,031	
4.2	Retorno UTA1	4	2	50	53,1	0,00221	10	0,00278	2,78	1,25	0,37	0,181	0,189	66605,96	0,031	
Circuito mais desfavorável		1.1-2.1-2.2-1.2										25,69				

A partir do valor de perdas de carga total obtido é possível dimensionar a bomba do circuito hidráulico através do software do fabricante [33], tendo em conta as premissas do projeto, Figura 33 e Tabela 15.

98727901 CRE 15-2 P-A-A-E-HQQE

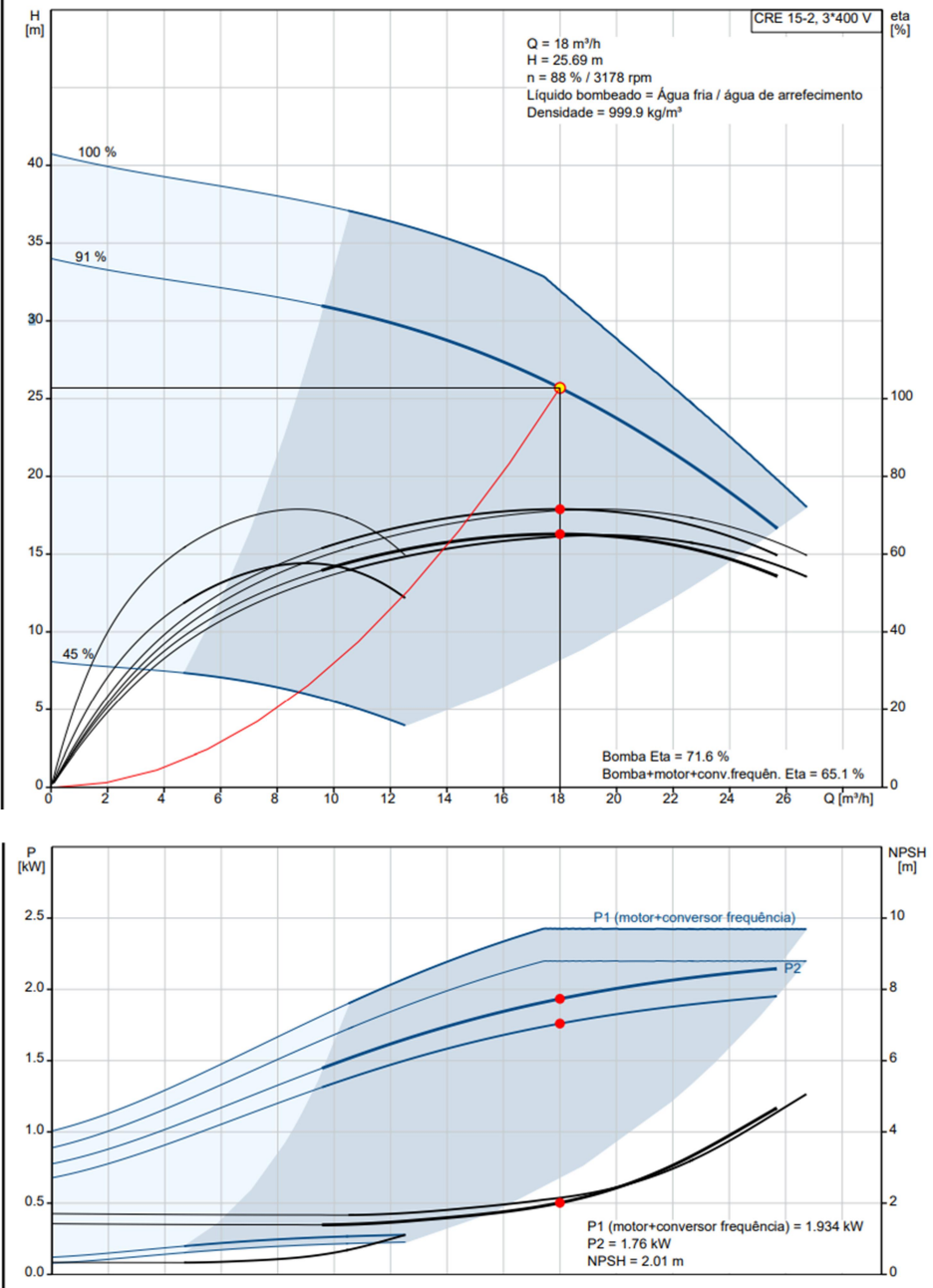


Figura 33 – Diagrama de dimensionamento da bomba[33].

Tabela 15- Tabela resumo do dimensionamento da Bomba [33].

Tipo	CRE 15-2	Perfil carga ⓘ			
		1	2	3	
Quantid.	1				
Motor	2.2 kW				
Cdl.	18 m³/h	Cdl. (%)	100	100	100
Alt.	25.69 m	Cdl. (m³/h)	18	18	18
Pot. P1	1.935 kW	Alt. (%)	100	85	70
Potência P2	1.76 kW	Alt. (m)	25.69	21.84	17.98
Bom.Eta	71.6 %	P1 (kW)	1.935	1.65	1.379
Mot. Eta	91.0 %	Tot. Eta (%)	65.1	64.9	63.9
Bomba+mot. Eta	65.1 % =Bom. Eta * Mot. Eta	Tmpo (h/a)	800	800	800
Tot. Eta	65.1 % =Eta relativa ao ponto funcion.	Consumo de energia (kWh/Ano)	1548	1320	1103
Consumo de energia	3972 kWh/Ano				
Emissões CO2	2260 kg/Ano				
Preço	A pedido				

As tubagens foram isoladas através de conquinha do tipo Armaflex XG, de acordo com as normas e regulamento em vigor, Figura 34, com revestimento de proteção do tipo forra mecânica em alumínio.

Gama de acordo com o Regulamento R.E.C.S.

Ø ext. máx. da tubagem (mm)	Aplicações no INTERIOR dos edifícios		
	Tª DO FLUÍDO 0 °C a 10 °C	Tª DO FLUÍDO 40 °C a 65 °C	Tª DEL FLUIDO 66 °C a 100 °C
	Referência	Referência	Referência
6	XG-19X006	XG-19X006	XG-19X006
10	XG-19X010	XG-19X010	XG-19X010
12	XG-19X012	XG-19X012	XG-19X012
15	XG-19X015	XG-19X015	XG-19X015
18	XG-19X018	XG-19X018	XG-19X018
20	XG-19X020	XG-19X020	XG-19X020
22	XG-19X022	XG-19X022	XG-19X022
25	XG-19X025	XG-19X025	XG-19X025
28	XG-19X028	XG-19X028	XG-19X028
32	XG-19X032	XG-19X032	XG-19X032
35	XG-19X035	XG-19X035	XG-19X035
42	XG-30X042	XG-19X042	XG-30X042
48	XG-30X048	XG-19X048	XG-30X048
54	XG-30X054	XG-19X054	XG-30X054
60	XG-30X060	XG-30X060	XG-30X060
64	XG-30X064	XG-30X064	XG-30X064
76	XG-30X076	XG-30X076	XG-30X076
89	XG-30X089	XG-30X089	XG-30X089
102	XG-40X102	XG-32X102	XG-40X102
114	XG-40X114	XG-32X114	XG-40X114
125	XG-40X125	XG-32X125	XG-40X125
140	XG-40X140	XG-32X140	XG-40X140
160	XG-40X160	XG-32X160	XG-40X160
168	XG-40X168		XG-40X168



Figura 34 – conquinha do tipo Armaflex XG [34].

Durante a fase dos ensaios foi possível constatar que a intervenção efetuada à instalação de climatização suprimiu todos as deficiências detetadas tendo o sistema ficado a funcionar de acordo com os requisitos iniciais, satisfazendo as necessidades de climatização do edifício.

3.3.1 – Manutenção dos Sistema de Certificação Energética

O Decreto-Lei n.º 101-D/2020, de 7 de dezembro [35], estabelece os requisitos aplicáveis à conceção e renovação de edifícios, com o objetivo de assegurar e promover a melhoria do respetivo desempenho energético através do estabelecimento de requisitos aplicáveis à sua modernização e renovação, mediante a transposição para a ordem jurídica nacional da Diretiva (UE) 2018/844 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 30 de maio de 2018, que altera a Diretiva 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de maio de 2010, relativa ao desempenho energético dos edifícios (Diretiva EPBD) [35].

A ADENE é a entidade gestora do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), conforme definido nos artigos 26.º e 27.º desse Decreto-Lei e a entidade gestora operacional do Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia de acordo com o artigo 3.º, n.º 4, do Decreto-Lei n.º 71/2008, de 15 de abril.

No Decreto-Lei n.º 102/2021, de 19 de Novembro [36] são estabelecidos os requisitos de acesso e de exercício da atividade dos técnicos do SCE dos edifícios, conforme resumido na Figura 35.

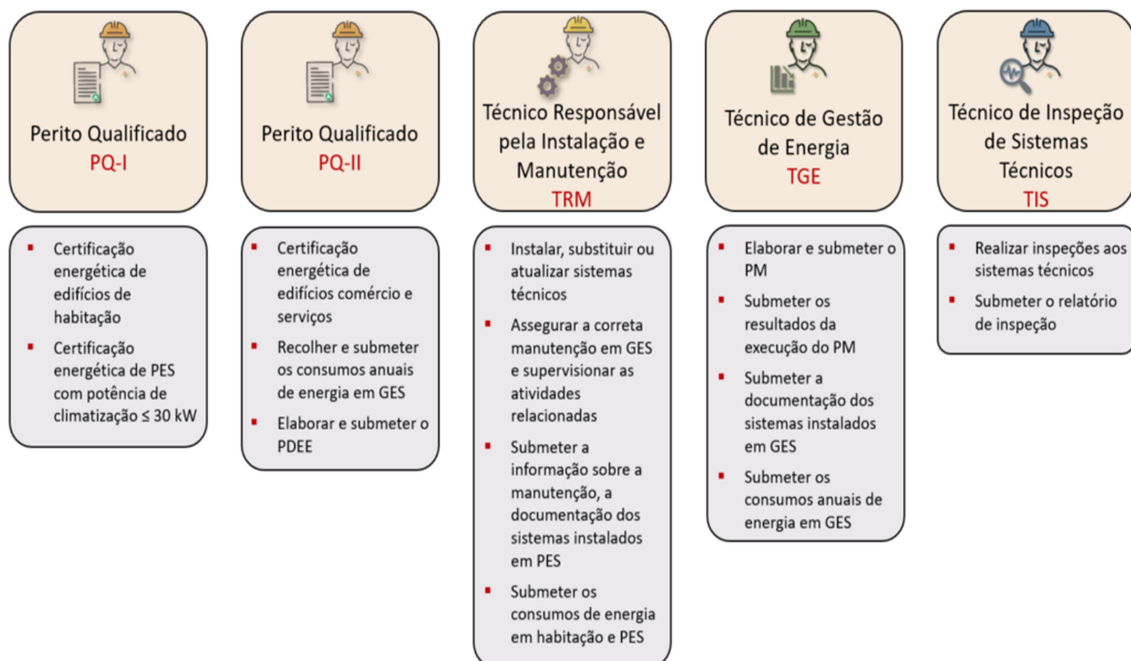


Figura 35 – Técnicos SCE [36].

Compete ao Técnico de Gestão de Energia (TGE) elaborar o plano de manutenção dos sistemas técnicos e a gestão de energia dos edifícios abrangidos pelo SCE e ao técnico responsável pela instalação e manutenção (TRM) assegurar que os procedimentos e atividades definidas no plano de manutenção preventiva elaborado pelo TGE sejam devidamente executadas e registadas, de forma a assegurar o correto funcionamento dos sistemas dentro das regras de segurança.

No Anexo G é possível observar o plano de manutenção preventiva proposto pelo fabricante do chiller onde constam as atividades e procedimentos mínimos que devem ser executados de forma a garantir o correto funcionamento do equipamento.

Cabe ao técnico de inspeção de sistemas técnicos (TIS) a realização de inspeções aos sistemas SCE de modo a evidenciar o cumprimento dos planos de manutenção preventiva, conforme previsto na lei.

A atividade de todos os técnicos do SCE será registada no Portal SCE, de acordo com os procedimentos nele indicados e que devem estar acessíveis, pelo menos, em língua portuguesa e inglesa, integrado no balcão único eletrónico dos serviços referido no artigo 6.º do Decreto-Lei n.º 92/2010, de 26 de julho, na sua redação atual, acessível através do Portal ePortugal.gov.pt.

3.4 – ESCOLAS SECUNDÁRIAS DO PARQUE ESCOLAR

Durante o estágio académico foi assumido pelo candidato ao grau de mestre a responsabilidade pela gestão do contrato de Manutenção Multitécnica que a CISEC assinou com o Parque Escolar, EPE relativamente ao lote composto pelas seguintes escolas:

- Escola Tomás Cabreira em Faro, Figura 36,
- Escola João de Deus de Faro, Figura 37,
- Escola Francisco Fernandes Lopes em Olhão, Figura 38,
- Escola Secundária de Vila Real de Sto. António, Figura 39.



Figura 36 – Escola Tomás Cabreira [38].



Figura 37 – Escola João de Deus [39].



Figura 38 – Escola Francisco Fernandes Lopes [40].



Figura 39 – Escola de Vila Real de Santo António [41].

Cumulativamente com a gestão contratual exerceu as seguintes funções:

- Técnico responsável pelas Instalações Elétricas
- Técnico responsável pela Instalação de Segurança de deteção de incêndio
- Técnico responsável pela Instalação de Segurança - portas corta-fogo
- Técnico responsável pela Instalação de Segurança – sinalética de emergência

Através do referido contrato, a CISEC prestou todo o tipo de manutenção preventiva e corretiva de todas as instalações técnicas associadas a cada escola, nomeadamente:

Instalações Elétricas

- Postos de Transformação
- Grupos Geradores
- Rede de Alimentação Elétrica
- Quadros Elétricos
- Sistema de Terras de Proteção
- Instalação de Iluminação Geral e de Emergência
- Instalação de Iluminação Exterior
- Instalação de Tomadas e Alimentações Especiais

- Instalação de Telecomunicações
- Instalação de Detecção Automática e Alarme de Incêndios
- Instalação de Detecção e Alarme de Intrusão
- Proteção Contra Descargas Atmosféricas
- Instalações de Telecomunicações
- Instalação de Videoporteiro
- Instalação de Gestão Técnica Centralizada
- Instalação de Alimentação Elétrica Interrupta

Instalações Mecânicas

- Rede de Águas e Esgotos
- Rede de Armada de Combate a Incêndio
- Grupo Hidropressor de Incêndio
- Sistemas de Aquecimento de Águas
- Sistema de Recirculação de Água
- Sistemas de Coletores Solares
- Equipamentos de Refrigeração e Cozinha
- Instalação de Gás Combustível
- Instalações de Ar Comprimido

Instalações de Climatização

- Chiller's
- Caldeiras
- Unidades de Tratamento de Ar Novo (UTAN)
- Ventiladores de Extração
- Unidade de Climatização e Desumidificação
- Redes Hidráulicas de Climatização
- Bombas de Recirculação
- Rede Aeráulica
- Sistemas de Desenfumagem
- Sistemas com Unidade com Fluxo de Refrigerante Variável (VRF)

Tendo em conta a diversidade de soluções existentes na arquitetura dos postos de transformação associados a cada escola, irão ser descritos e comentados os procedimentos de manutenção mais importantes efetuados a esses equipamentos.

3.4.1 – Postos de Transformação

A arquitetura dos postos de transformação das várias escolas, apesar de seguir os mesmos critérios de projeto, possui soluções técnicas diferentes não só a nível da construção do edifício como também a nível dos equipamentos de média tensão utilizados.

Na Escola Tomás Cabreira e na Escola Francisco Fernandes Lopes, o edifício do posto de transformação trata-se de uma solução pré-fabricada em betão do tipo monobloco, enquanto na Escola de Vila Real de Stº. António e na Escola João de Deus, recorreu-se à construção de um edifício em alvenaria destinado a este espaço técnico.

A nível dos equipamentos de média tensão, todas as escolas possuem quadros de MT de corte em gás SF₆ com a mesma configuração, Figura 40.

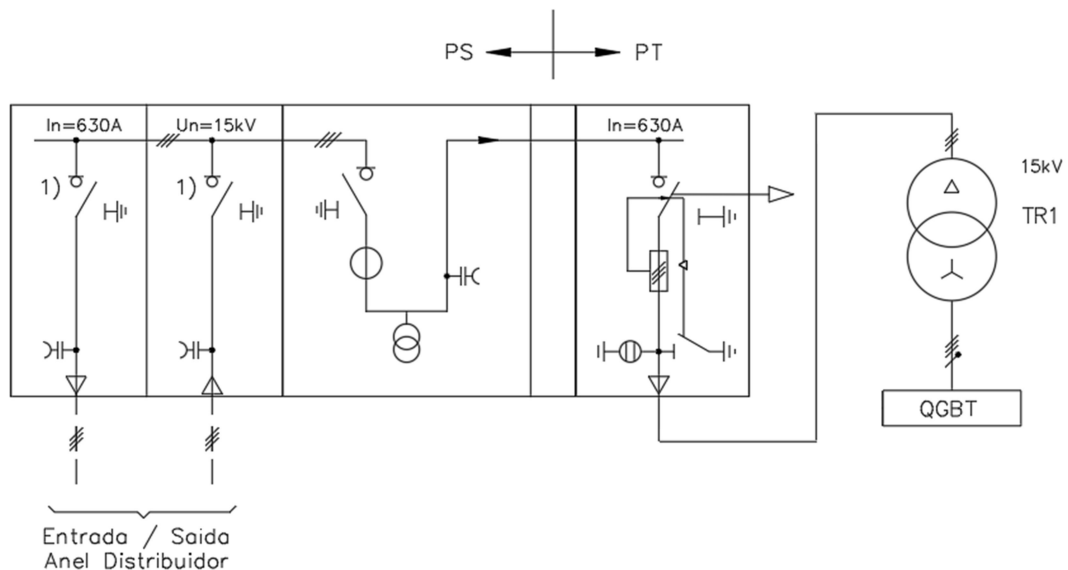


Figura 40 – Esquema Unifilar do PT [42].

Apesar dos quadros de MT serem da mesma tipologia, na escola João de Deus o posto de transformação foi equipado com um disjuntor de MT para proteção do transformador em vez do tradicional rupto-fusível, instalado nas restantes escolas, Figuras 41 e Figura 42.



Figura 41 – Cella de proteção por Disjuntor.



Figura 42 – Cella de Proteção por fusível.

Os disjuntores de potência são dispositivos de manobra e proteção que permitem a abertura ou fecho de circuitos de potência em quaisquer condições de operação, normal e anormal, manual ou automática, o que os torna uma solução mais onerosa e com maior manutenção.

Os fusíveis são órgãos de proteção relativamente mais baratos e isentos de manutenção. Pelas razões apresentadas são largamente usados nas redes de distribuição para proteger transformadores e ramais de alimentação. A função principal dos fusíveis é operar mediante faltas permanentes e isolar o circuito com defeito.

Outra vantagem dos fusíveis sobre os disjuntores trata-se destes poderem interromper com segurança correntes de curto-circuitos mais altas e em menor tempo.

A desvantagem é a necessidade de reposição do fusível após a sua atuação, na presença de um defeito.

No que diz respeito aos transformadores de potência instalados, a solução selecionada não foi a mesma para todas as escolas. Na Escola Tomás Cabreira e na Escola Francisco Fernandes Lopes, foram instalados transformadores a óleo, de arrefecimento a ar, de 800 kVA e de 1000 kVA respetivamente, enquanto os postos de transformação das restantes escolas foram equipados com transformadores de potência do tipo seco de 630 kVA, Figuras 43 e Figura 44.

As vantagens e desvantagens destes dois tipos de transformadores estão descritas na tabela 16.



Figura 43 – Transformador seco de 630 kVA – Escola João de Deus.



Figura 44 – Transformador a Óleo de 1000 kVA – Escola Francisco Fernandes Lopes.

Tabela 16- Tabela comparativa entre transformadores a Óleo e Secos.

Item	Material Isolante	
	Óleo Mineral	Resina epóxi (seco)
Manutenção	Manutenção periódica. Necessidade de substituição de óleo isolante, juntas, guarnições e acessórios.	Muito reduzida.
Vida útil	30 anos	≥ 30 anos
Segurança	Risco de explosão e incêndio, vazamentos e contaminação do ambiente.	Sem risco de explosão, não alimenta nem propaga a chama.
Proteção	Vários acessórios para proteção e controlo (DGPT2).	Apenas sensores de temperatura.
Restrições Ambientais	Afetado pela humidade, pela salinidade e por fatores oxidantes. Pode ser instalado no exterior	Não é sensível a humidade e a outros fatores ambientais. Não pode ser instalado no exterior
Proteção Elétrica	Menor impedância. Proteções elétricas de maior calibre.	Maior impedância. Proteções elétricas de menor calibre.
Ambiente	Risco de contaminação por vazamento do óleo.	Sem riscos para o ser humano e ambiente.

Não são conhecidas as razões que levaram o projetista de cada projeto a selecionar equipamentos diferentes apesar das premissas e requisitos de projeto, apresentados pelo dono de obra, terem sido os mesmos para todas as escolas do Parque Escolar.

Sabe-se no entanto que a solução técnico-económica mais vantajosa a nível de exploração é a da Escola de Vila Real de Stº António onde foi instalado um quadro de MT com proteção por rupto-fusível e um transformador seco de 630 kVA.

3.4.2 – Manutenção dos Postos de Transformação

O sistema elétrico, do ponto de vista da qualidade de serviço, corresponde a um sistema interligado, baseado no conceito de “rede partilhada” e que é influenciado pela produção, transporte e distribuição de energia elétrica, assim como pelas instalações elétricas dos clientes.

A qualidade de energia é condicionada por perturbações que podem ter origem nas instalações elétricas dos consumidores, resultando não só em consequências diretas nas próprias instalações, como também em repercussões na exploração das redes elétricas, acabando por influenciar negativamente a continuidade de serviço e a qualidade de energia das instalações adjacentes.

O Regulamento das Redes de Transporte (RRT) e de Distribuição (RRD) [43], que rege as obrigações das entidades com instalações ligadas às redes de distribuição, refere-se no n.º 10.2 que: “As entidades com instalações ligadas à RND ou às RDBT devem manter as suas instalações elétricas em bom estado de funcionamento e de conservação, de modo a não causarem perturbações ao bom funcionamento da RND ou das RDBT”.

O art.º 102.º do Regulamento de Segurança de Subestações e Postos de Transformação e de Seccionamento [44], estabelece que: “As instalações deverão ser sujeitas a inspeções periódicas, com o fim de verificar se se mantêm em boas condições de exploração”. O art.º 103.º do mesmo regulamento determina ainda que: “A limpeza das instalações deverá efetuar-se com a frequência necessária para impedir a acumulação de poeiras e sujidades, especialmente sobre os isoladores e aparelhos”.

Por outro lado, o Regulamento de Licenças para Instalações Elétricas [45], no n.º 1 do art.º 19.º, estabelece que carecem de “Técnico Responsável pela Exploração de Instalações Elétricas” os consumidores alimentados por um posto de transformação privado. De entre as obrigações do técnico responsável pela exploração de instalações elétricas estabelecidas no referido regime legal destacam-se as inspeções às instalações elétricas em que, segundo o n.º 1 do art.º 20.º: “O técnico responsável pela exploração deverá inspecionar as instalações elétricas com a frequência exigida pelas características de exploração, no mínimo duas vezes por ano, a fim de proceder às verificações, ensaios e medições regulamentares e elaborar o relatório referido no art.º 14.º, devendo estas

inspeções obrigatórias serem feitas, uma, durante os meses de Verão e, outra, durante os meses de Inverno”.

Existem assim uma obrigação legal relativamente à implementação de rotinas e inspeções de manutenção preventiva em postos de transformação, de forma a manter as instalações em boas condições de funcionamento evitando assim a introdução de perturbações na rede de distribuição de energia elétrica.

De acordo com a legislação em vigor, os postos de transformação deverão ser inspecionados com a frequência exigida pelas características de exploração, tipo de atividade desenvolvida e pelas condições ambientais que envolvem as instalações, no mínimo duas vezes por ano, de forma a se proceder às verificações, ensaios e medições regulamentares e elaborar o relatório do técnico responsável pela exploração.

No caso dos postos de transformação das escolas, os procedimentos de inspeção e de manutenção preventiva foram efetuados de forma sistemática seguindo um plano de manutenção pré-definido, com inspeções mensais, como é o exemplo do Anexo H.

De todas as intervenções efetuadas aos postos de transformação, a anual foi a de maior relevância, uma vez que foi durante esta que se efetuou o corte de energia da instalação e a execução dos procedimentos de limpeza, reaperto de bornes e terminais e se efetuaram as medições e ensaios mais importantes, nomeadamente a inspeção termográfica dos equipamentos, Figura 45.



Figura 45 – Inspeção termográfica do Q.G.B.T. do PT.

A maioria dos dispositivos elétricos e mecânicos sobreaquecem antes de falhar, pelo que a execução de uma análise termográfica aos quadros elétricos e transformador permite detetar eventuais pontos de anomalia térmica num futuro próximo que poderão causar uma avaria nos equipamentos e planificar as reparações ou substituições dos equipamentos que se encontram em mau estado, aumentando a fiabilidade e produtividade, reduzindo assim perdas financeiras desnecessárias.

As causas mais frequentes que normalmente provocam temperaturas anormais, detetadas na termografia, são:

- Ligações elétricas deficientes ou em mau estado,
- Desequilíbrio de corrente ou tensão entre fases,
- Sobrecarga em circuitos elétricos ou em equipamentos,
- Componentes elétricos deteriorados,
- Motores elétricos com baixa resistência,
- Fugas de corrente em cabos de terra.

Durante as intervenções efetuadas aos PT's não foram detetadas situações anómalas na análise termográfica. No entanto, foram observadas diferenças, a nível de comportamento térmico, entre os transformadores a óleo e os secos, em regimes funcionamento semelhantes, Figura 46 a 49.

Os transformadores secos apresentavam valores de temperatura de funcionamento superiores aos transformadores a óleo apesar dos níveis de carga, em cada um deles, serem muito semelhante.

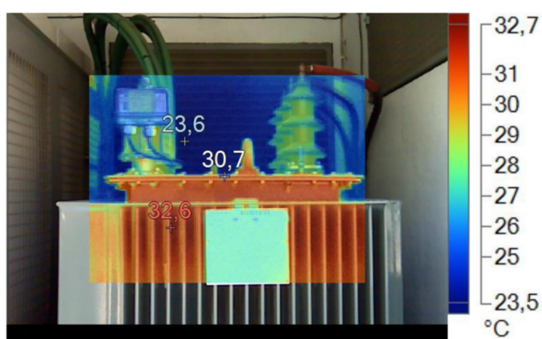


Figura 46 – Transformador a óleo de 1000 kVA –
Escola Francisco Fernandes Lopes.

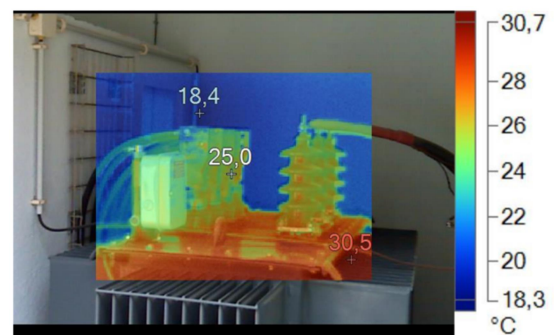


Figura 47 – Transformador a Óleo de 800 kVA –
Escola Tomás Cabreira.

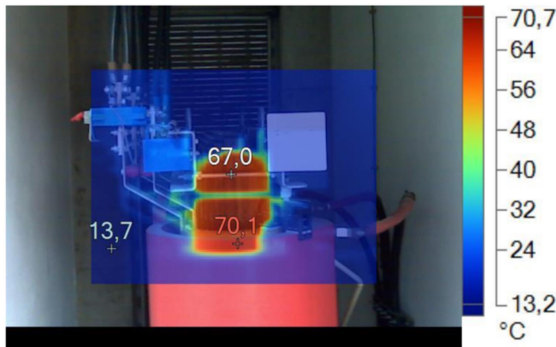


Figura 48 – Transformador seco de 630 kVA – Escola de Vila Real de Stº, António.

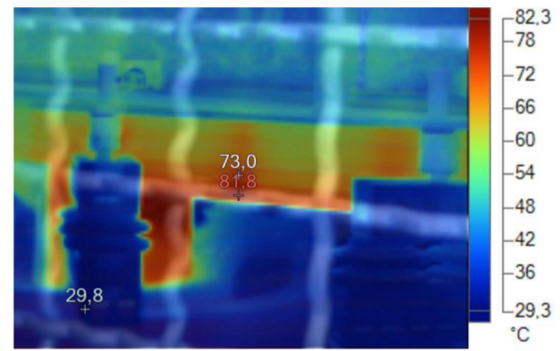


Figura 49 – Transformador seco de 630 kVA – Escola João de Deus.

A placa de características do transformador seco, Figura 50, indica que a classe térmica dos enrolamentos é a F/F (temperatura máxima de 155°C) para a qual o fabricante recomenda que as proteções sejam reguladas para os níveis de alarme que constam na tabela 17.

Tabela 17- Níveis de proteção recomendados para transformadores secos.

Temperaturas recomendadas para atuação de monitores de temperatura em transformadores secos (enrolamentos classe F/F)	
Nível de Alarme	Temperatura (°C)
Alarme de sinalização de anomalia	110
Interrupção de funcionamento	130

Já no caso dos transformadores a óleo, a placa características do equipamento não indica a classe térmica dos enrolamentos mas o fabricante definiu os níveis de segurança no órgão de proteção DGPT2, Figura 51, resumidos na tabela 18.

Tabela 18- Níveis de proteção recomendados para transformadores a óleo.

Temperaturas recomendadas para atuação de monitores de temperatura em transformadores a óleo	
Nível de Alarme	Temperatura (°C)
Alarme de sinalização de anomalia	105
Interrupção de funcionamento	115

efacec **PowerCAST**
Transformadores de distribuição PORTUGAL

Tipo SECO CAPSULADO Número F000795 . 01 Ano 2011

Potência estipulada 630 kVA Normas CEI 60076-11 (2004)

N. de fases 3 Grupo de ligação Dyn5 Frequência 50 Hz

Tensão de curto circuito 6,4 % Montagem INTERIOR

Norm.	Ligações	AT	BT	V
1	6 - 5	15750		400
2	5 - 7	15375		400
X 3	7 - 4	15000		400
4	4 - 8	14625		400
5	8 - 3	14250		400
6				
7				

Correntes estipuladas AT 24,25 BT 909,3 A

Níveis de isolamento LI 95 AC 38 / LI - AC 3

Tipo de arrefecimento AN

Aquecimento enrolam. BT/AT 100/100 K Cl. potência sonora F

Classe térmica enrol. BT/AT F/F Cl. amb. (amb/cli./fogo) ED/C1/FO

Massas: total 1770 kg Índice de protecção IP00

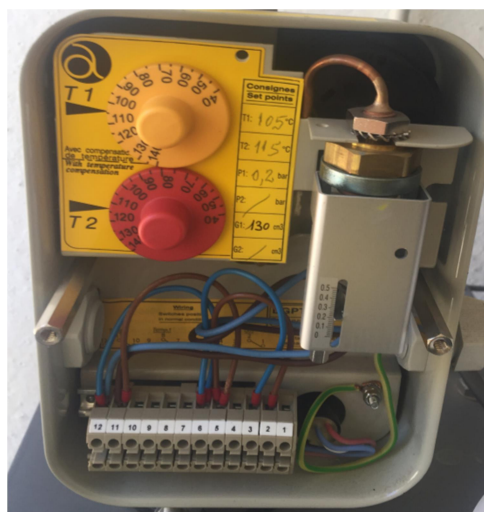


Figura 50 – Placa de características transformador seco de 630 kVA.

Figura 51 – Dispositivo de protecção DGPT2.

Analisando os valores de temperatura recolhido em cada transformador foi possível verificar que todos os transformadores se encontravam a funcionar dentro dos limites de segurança recomendados.

Apesar dos transformadores secos terem temperaturas de funcionamento superiores às do óleo, para o mesmo nível de carga, são transformadores com menores riscos de incêndio de propagação de chama devido aos materiais utilizados no seu processo de fabrico. Por este motivo são muito utilizados em todos os sectores da indústria, nomeadamente: Celulose, petroquímica, minas, siderurgia, entre outras.

4. Estudo de sistema com transformadores em paralelo

O transformador de potência, como é sabido, é uma máquina elétrica estática constituída por dois ou mais enrolamentos ou espiras ao redor de um núcleo ferromagnético cuja função, num sistema de transmissão de energia elétrica, é transformar um sistema de tensão e corrente alternada, aplicado na sua entrada, noutra na sua saída com valores normalmente diferentes, mantendo-se constante o valor da frequência e da potência transmitida quando desprezadas as perdas.

O fabrico destas máquinas elétricas obedece a um rigoroso processo com elevados padrões de qualidade que tornam este tipo de equipamento num dos componentes mais onerosos presentes nas redes de distribuição de energia elétrica.

Por este motivo, a arquitetura da rede de distribuição bem como a seleção dos componentes que a constituem, deve ser efetuada com base numa análise técnico-económica cuidada para que o sistema seja implementado com o mais baixo custo, garantindo que o fornecimento de energia elétrica aos consumidores seja assegurado de um modo contínuo e fiável, dentro dos padrões de qualidade de energia exigidos pela Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE).

Existe assim interesse no estudo do funcionamento de transformadores de potência em paralelo no que se refere a perturbações na rede, bem como no impacto que estes têm na qualidade de energia fornecida aos consumidores.

4.1. DESCRIÇÃO DO SISTEMA EM ANÁLISE

O sistema em análise é representativo de uma instalação elétrica de um edifício cuja responsabilidade técnica pela execução foi assumida pelo candidato durante a sua atividade profissional.



Figura 52 – Hotel Monte da Quinta [46].

Trata-se de uma unidade Hoteleira do tipo Aparthotel com 132 apartamentos, cujo diagrama de potência é representado abaixo:

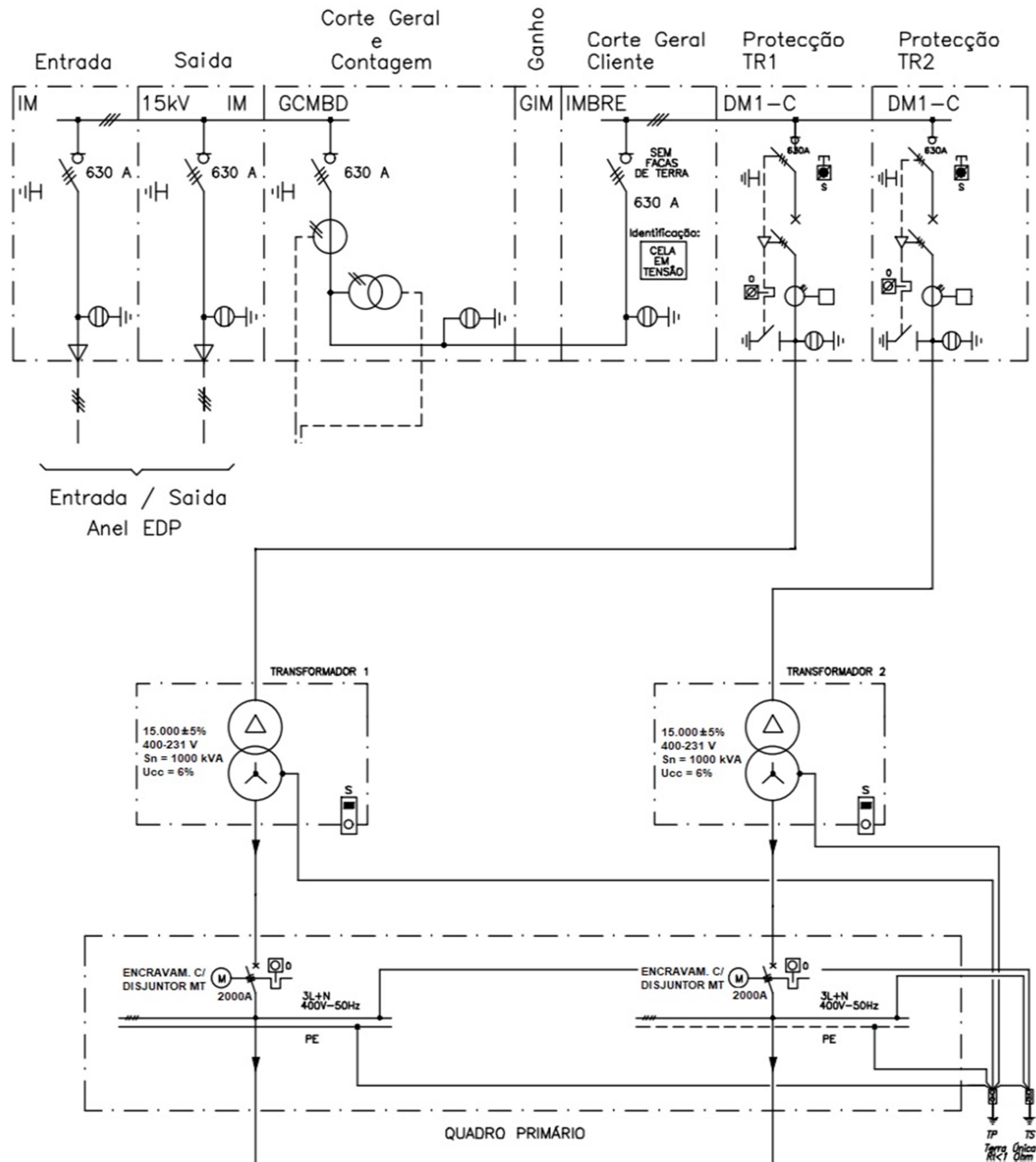


Figura 53 – Diagrama de potência do PT [47].

A instalação é composta por um posto de transformação com 2 transformadores de 1 MVA, socorridos por 2 grupos eletrogêneos de 1 MVA.

O estudo, que foi realizado em ambiente MATLAB/Simulink, teve como objetivo analisar a propagação das perturbações da rede de média tensão para a rede de baixa tensão.

Pretendeu-se ainda analisar os parâmetros da qualidade de energia na rede de BT quando ocorrem comutações entre os transformadores em paralelo.

4.2. – IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA EM AMBIENTE MATLAB/SIMULINK

O sistema em análise está inserido numa rede de distribuição com uma tensão de serviço de 15 kV e pode ser representado em MATLAB/Simulink pelo modelo ilustrado na Figura 54.

As características elétricas da rede de alimentação de MT, introduzidas no modelo desenvolvido, são as indicadas na Figura 55.

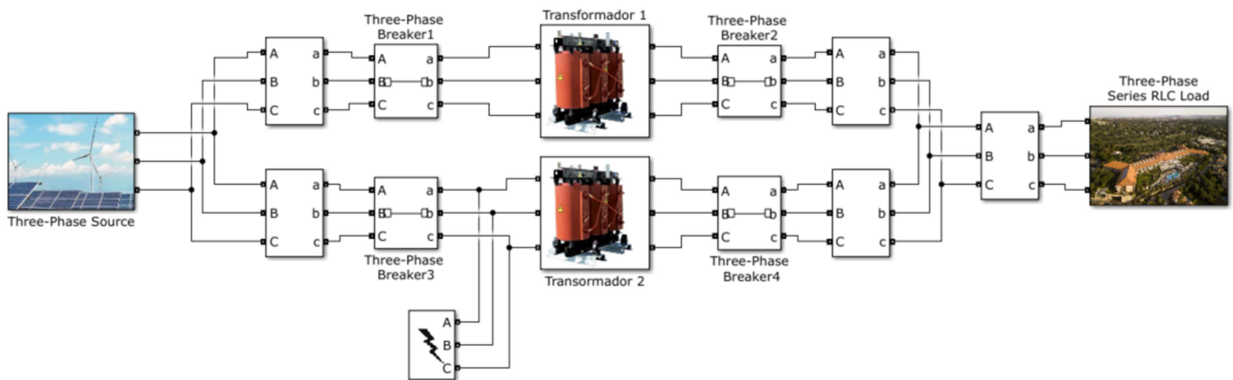


Figura 54 – Diagrama de potência MATLAB/SIMULINK.

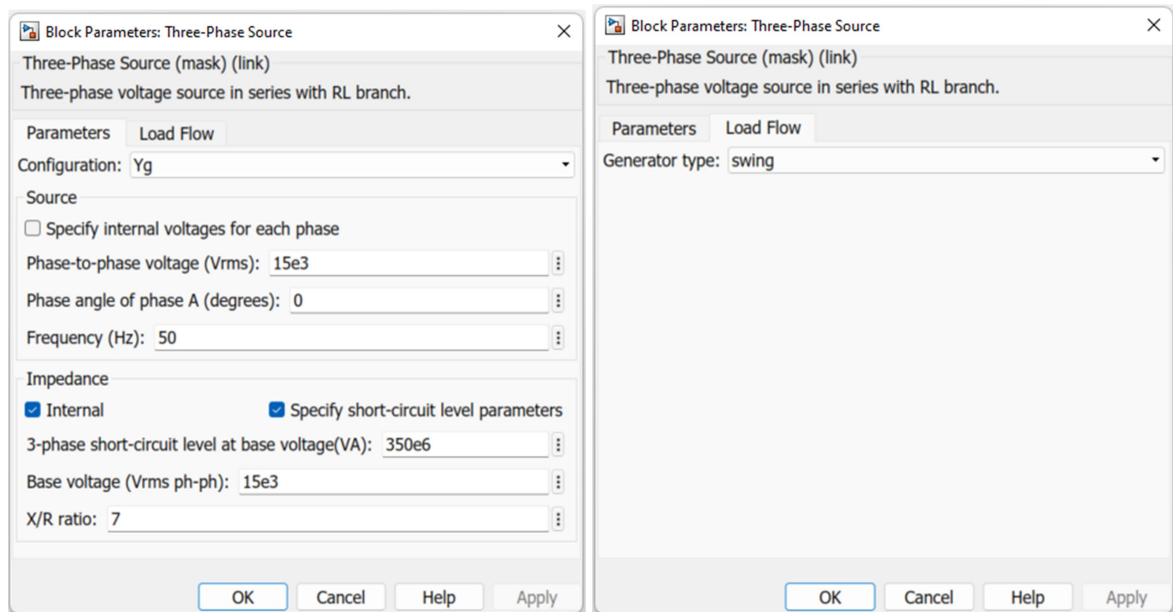


Figura 55 – Características elétricas da rede de MT.

Foi estipulada a potência de curto-circuito da rede de média tensão em 350 MVA.

No que diz respeito aos transformadores foi considerado que os dois transformadores possuíam as mesmas características construtivas, nomeadamente: relação de transformação, grupo de ligações, tensão de curto-circuito e relação entre reatância e resistência equivalente.

Os seus parâmetros foram calculados com base no circuito equivalente do transformador, Figura 56.

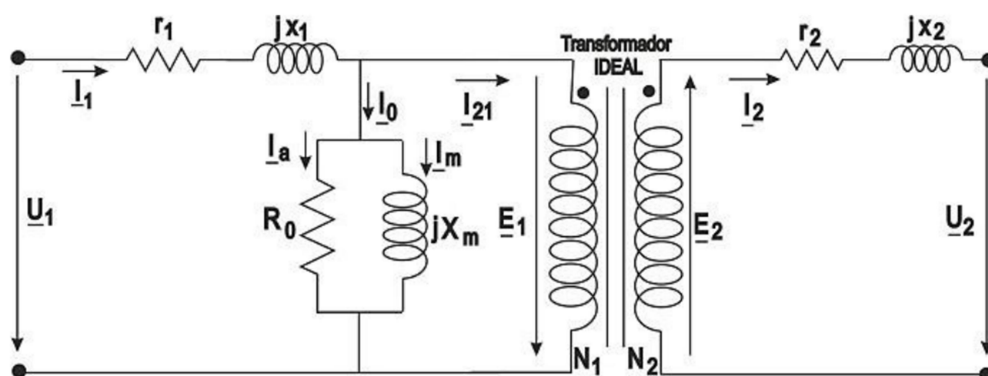


Figura 56 – Circuito equivalente do transformador real [48].

Foram consideradas as características elétricas indicadas na tabela 19, fornecidas pelo fabricante dos transformadores.

Tabela 19- Características do transformador seco Trihal da Schneider [49].

Trihal - Cast Resin Transformer Up to 3150 kVA - 17.5 kV - C4 E4 F1 5pC** - BIL 1 Main electrical characteristics

Power kVA	160	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Primary voltage	15 kV												
Secondary voltage	400 V between phases (at no load)												
HV insulation level	17.5 kV BIL 1 (75 / 38 kV)												
HV tapping range	+/- 2.5% and/or +/- 5%												
Vector group	Dyn 11, Dyn 5, Dyn 1 (other vector groups upon request)												
No-load losses (w)	360	468	558	675	811	990	1170	1395	1620	1980	2340	2790	3420
Load losses at 120°C (w)	2600	3400	3876	4500	5630	7100	8000	9000	11000	13000	16000	19000	22000
Impedance voltage (%)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Acoustic Level dB(A):													
- power L_{WA}	53	56	58	59	60	61	63	64	66	67	69	70	73
- pressure L_{pA} (1m)	41	44	45	46	47	48	50	50	52	53	55	55	58
No-Load current (%):								1.2					

A determinação das impedâncias do transformador foi obtida através dos ensaios de curto-circuito e circuito aberto.

Ensaio em curto-circuito

Considerando o circuito equivalente do transformador apresentando anteriormente mas com a impedância do secundário vista no primário é possível redesenhar o esquema, Figura 57, com secundário em curto-circuito.

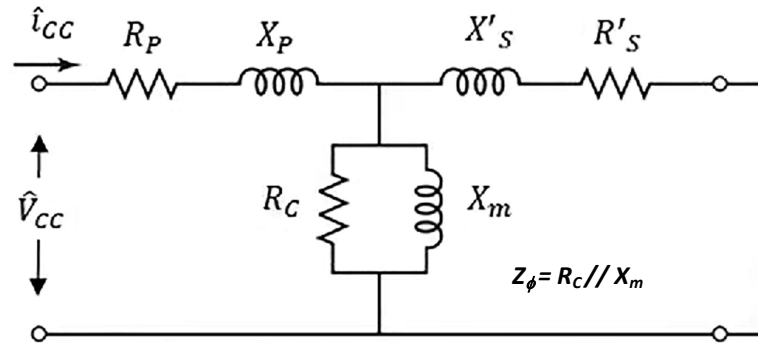


Figura 57 – Circuito equivalente do transformador em curto-circuito no secundário [48].

Como a impedância Z_ϕ do ramo de excitação é muito maior que a impedância do secundário, a resistência equivalente do paralelo dessas impedâncias é muito próxima da impedância do secundário pelo que a impedância Z_ϕ pode ser desprezada, sendo possível calcular a impedância de curto-circuito (Z_{CC}), vista do primário, através da equação 4.1.

$$Z_{CC} = R_P + jX_P + R'_S + jX'_S = R_{CC} + jX_{CC} \quad (4.1)$$

A partir dos elementos fornecidos pelo catálogo do fabricante do transformador e das características elétricas da rede de MT sabe-se:

$S = 1 \text{ MVA}$	$U_1 = 15 \text{ kV}$	$f = 50 \text{ Hz}$
$P_{cu} = 9000 \text{ W}$	$U_2 = 400 \text{ V}$	$a = \frac{U_1}{U_2} = 37,5$
$P_{Va} = 1395 \text{ W}$	$U_{cc} = 6\%$	

Desta forma é possível calcula o valor de R_P e R_S através das equações de 4.2 a 4.7:

$$P_{CU \text{ fase}} = \frac{P_{CU \text{ total}}}{3} = \frac{9000}{3} = 3000 \text{ W} \quad (4.2)$$

$$I_n = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_1} = \frac{1000 \times 10^3}{\sqrt{3} \cdot 15 \times 10^3} = 38,49 \text{ A} \quad (4.3)$$

$$R_{CC} = \frac{P_{CU\ fase}}{I_1^2} = \frac{3000}{38,49^2} = 2,025 \Omega \quad (4.4)$$

$$R_{CC} = R_{P(yeq)} + R'_S \quad (4.5)$$

$$R_{P(yeq)} = R'_S = \frac{R_{CC}}{2} = 1,0125 \Omega \quad (4.6)$$

Como o primário está ligado em triângulo:

$$R_P = 3 \times R_{P(yeq)} = 3,0375 \Omega \quad (4.7)$$

A resistência do lado do secundário resulta:

$$R_S = \frac{R'_S}{a^2} = 0,00072 \Omega \quad (4.8)$$

Para a obtenção das indutâncias de fugas aplica-se o método:

$$R_{CC} = U_{CC} \times Z_b \quad (4.9)$$

$$Z_b = \frac{U_1^2}{S} = \frac{15000^2}{1000000} = 225 \Omega \quad (4.10)$$

$$Z_{CC} = 0,06 \times 225 = 13,5 \Omega \quad (4.11)$$

$$X_{CC} = \sqrt{Z_{CC}^2 - R_{CC}^2} = 13,4 \Omega \quad (4.12)$$

$$L_{CC} = \frac{X_{CC}}{\omega} = 42,74 \text{ mH} \quad (4.13)$$

$$L_{p(yeq)} = L'_s = \frac{L_{CC}}{2} = 21,366 \text{ mH} \quad (4.14)$$

$$L_p = 3 \times L_{p(Y_{eq})} = 64.098 \text{ mH} \quad (4.15)$$

$$L_s = \frac{L'_s}{a^2} = 15.19 \text{ } \mu\text{H} \quad (4.16)$$

Ensaio em circuito aberto

Considerando o circuito equivalente do transformador agora com o secundário em circuito aberto podemos redesenhar o esquema conforme a Figura 58.

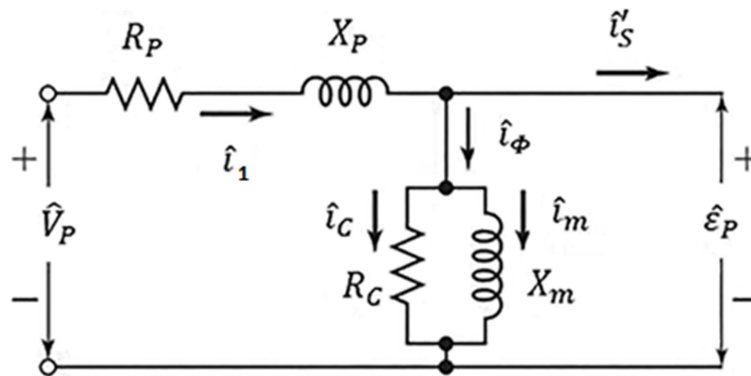


Figura 58 – Circuito equivalente do transformador em circuito aberto no secundário[48].

Neste caso, a impedância do primário é muito inferior à impedância Z_ϕ do ramo de excitação pelo que para efeitos do cálculo do valor de R_c e X_m pode ser desprezada sendo possível obtê-los da seguinte forma:

$$P_{Vazio\ fase} = \frac{P_{Vazio\ total}}{3} = \frac{1395}{3} = 465 \text{ W} \quad (4.17)$$

$$R_C = \frac{U_1^2}{P_{vazio\ fase}} = \frac{15000^2}{465} = 483871 \text{ } \Omega \quad (4.18)$$

$$I_C = \frac{U_1}{R_C} = \frac{15000}{483871} = 0,031 \text{ A} \quad (4.19)$$

$$I_m = \sqrt{(I_{vazio}^2 - I_C^2)} = \sqrt{((0,012 \times 38,49)^2 - 0,031^2)} = 0,461 \text{ A} \quad (4.20)$$

$$X_m = \frac{U_1}{I_m} = \frac{15000}{0,461} = 32538 \text{ } \Omega \quad (4.21)$$

$$L_m = \frac{X_m}{\omega} = \frac{32538}{100 \cdot \pi} = 103,572 \text{ H} \quad (4.22)$$

Reunidos os valores dos cálculos anteriores foi possível parametrizar os transformadores no ambiente MATLAB/Simulink conforme indicado na Figura 59.

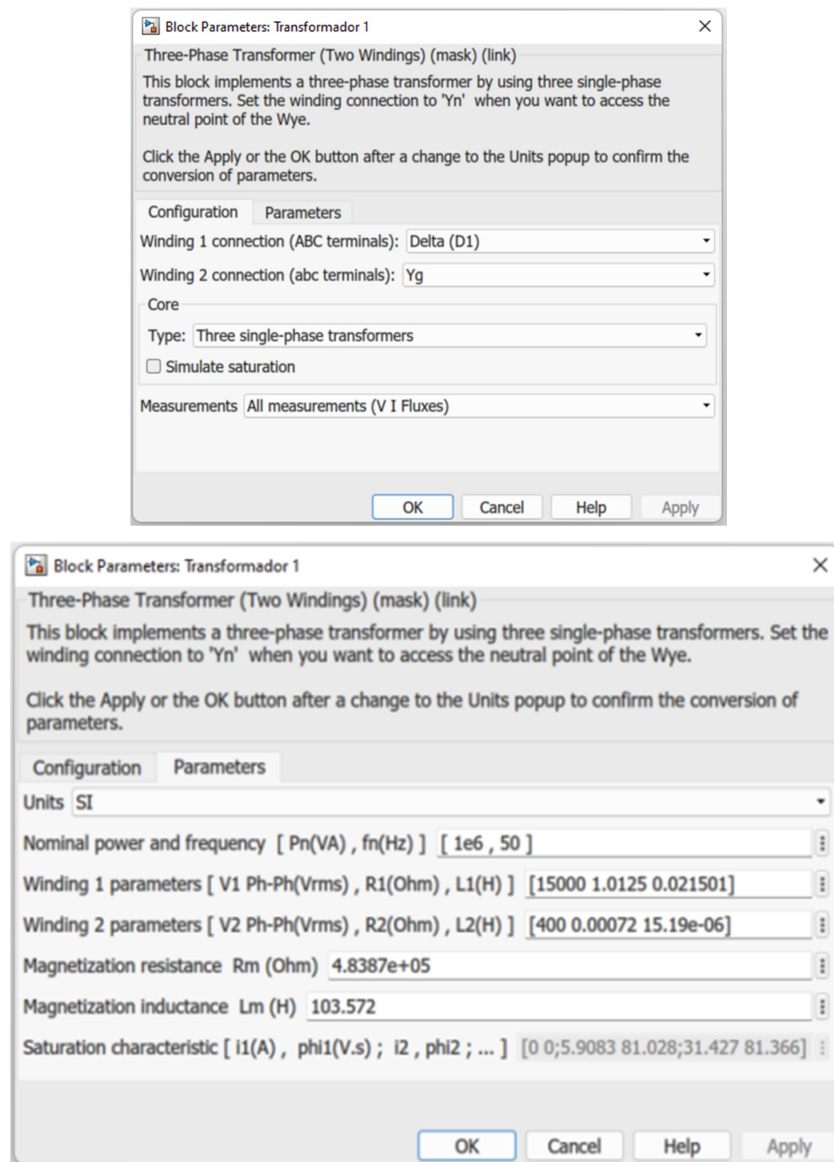


Figura 59 – Parâmetros dos transformadores.

Relativamente à carga foi considerado que a instalação de utilização estaria num regime de funcionamento correspondente a 70% da carga nominal do transformador, ou seja:

$$S_{carga} = 0,70 \times S_{PT} = 10,70 \times 2 \times 10^6 = 1,4 \text{ MVA} \quad (4.23)$$

Assumi-se um fator de potência de 0,9 o que resulta em:

$$P_{carga} = S_{carga} \times \cos \varphi = 1,4 \text{ MVA} \times 0,90 = 1,26 \text{ MW} \quad (4.24)$$

$$Q_{carga} = P_{carga} \times \tan \varphi = 1,4 \text{ MVA} \times 0,4843 = 678,05 \text{ kVAr} \quad (4.25)$$

De igual forma foram utilizados os valores obtidos, no modelo computacional, Figura 60.

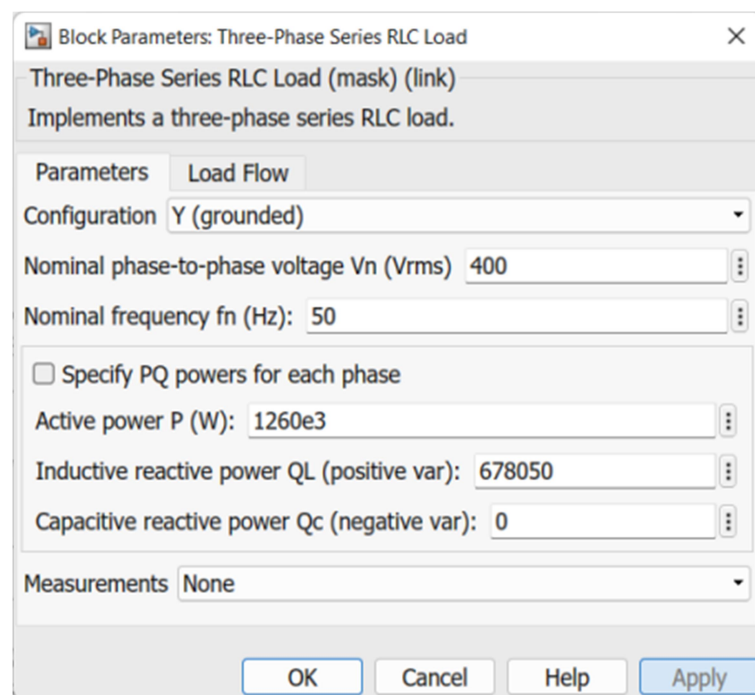


Figura 60 – Parâmetros da carga.

4.3 – PROPAGAÇÃO DAS PERTURBAÇÕES DA REDE DE MT PARA A REDE DE BT

Para a análise da propagação das perturbações da rede de MT para a rede BT foi simulado um curto-circuito no primário do transformador 2, entre uma fase (fase 3) e a

terra, durante o regime normal de funcionamento do sistema, com dois transformadores a operarem em paralelo.

Posteriormente foi efetuada a mesma simulação mas com apenas um transformador em funcionamento e com metade da carga, de modo compreender-se o impacto que a utilização de dois transformadores a operarem em paralelo tem na redução da propagação de perturbações da rede de MT para a rede de BT.

O defeito foi introduzido aos 0.2 s e removido aos 0.3 s, tendo sido observadas as curvas de tensão e corrente nos primários do transformador 1 e 2, indicadas nas Figuras 61 a 63.

A tensão na fase do primário, onde ocorreu o curto-circuito, sofreu uma redução da sua amplitude, não se registando alterações nas restantes fases.

A nível das correntes no primário, no transformador 1, registou-se uma redução das amplitudes das correntes da fase 1 e 3 e o aumento da fase 2, em resposta à ocorrência do curto-circuito. Relativamente ao transformador 2 as correntes da fase 1 e 2 não tiveram variações significativas das suas amplitudes comparativamente à da fase 3, a qual atingiu um valor de pico superior aos 9 kA.

A observação das curvas das correntes eficazes do primário dos dois transformadores evidenciou de igual forma as mesmas variações de amplitudes nas várias fases, Figuras 64 e 65.

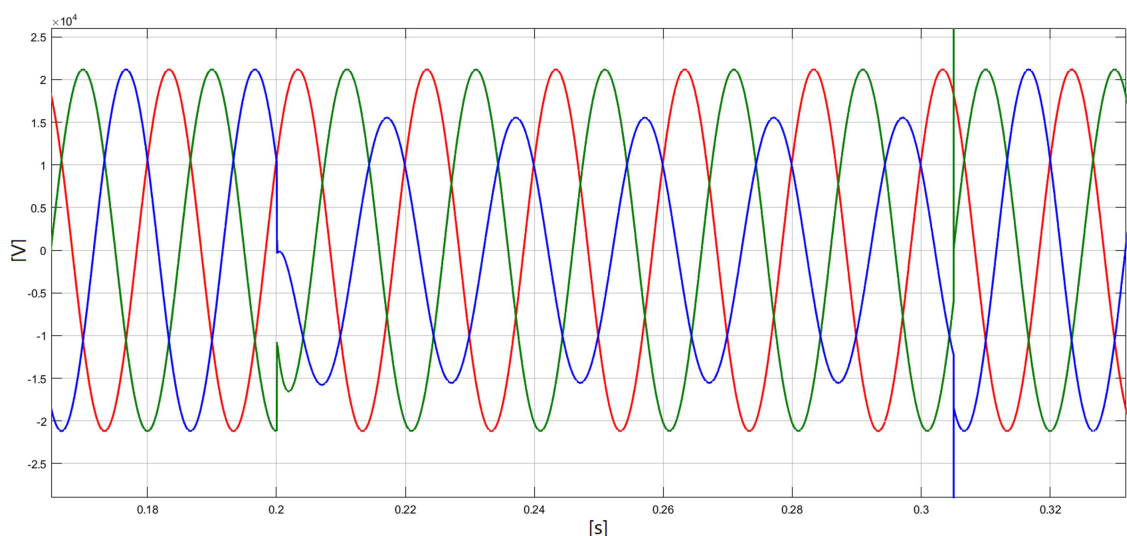


Figura 61 – Tensão composta no primário.

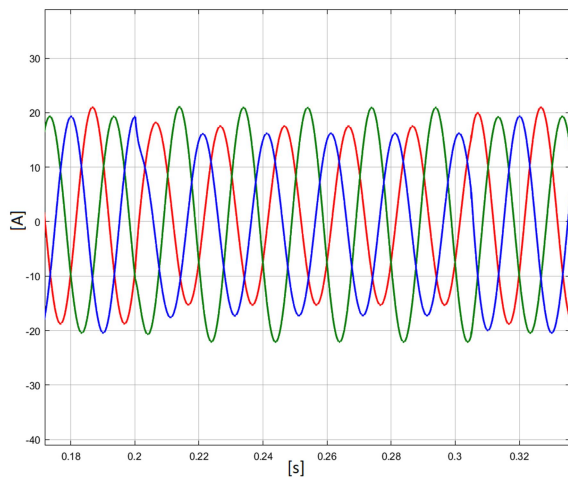


Figura 62 - Corrente no primário – Transformador 1.

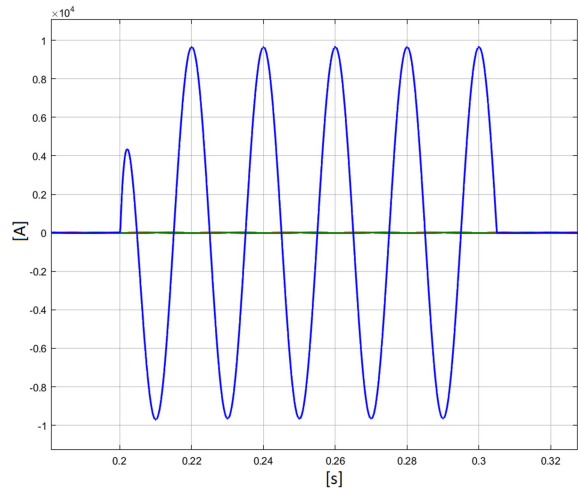


Figura 63 – Corrente no primário – Transformador 2.

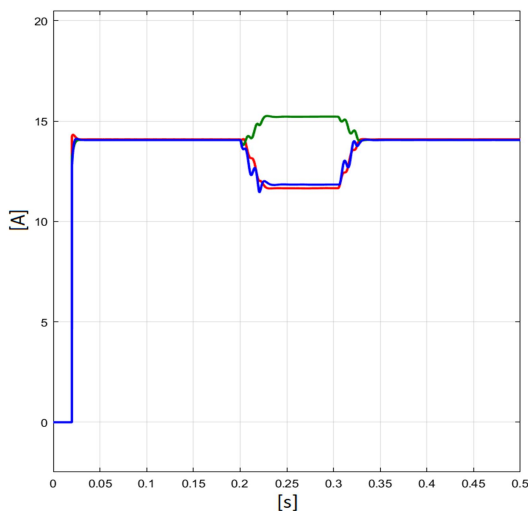


Figura 64 - Corrente eficaz no primário – Transformador 1.

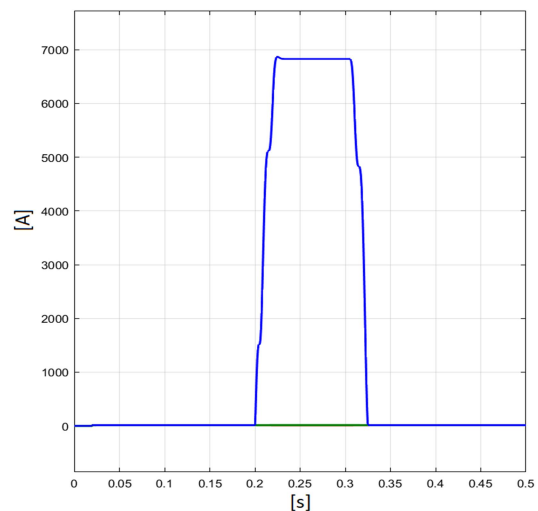


Figura 65 – Corrente eficaz no primário – Transformador 2.

Quando comparadas as curvas das tensões eficazes do primário e da carga, Figura 66, é possível observar que a ocorrência do curto-circuito provocou o surgimento de uma cava de tensão na fase 3 do primário que se propaga para o secundário dos transformadores fazendo-se sentir na carga, Figuras 67 e 68.

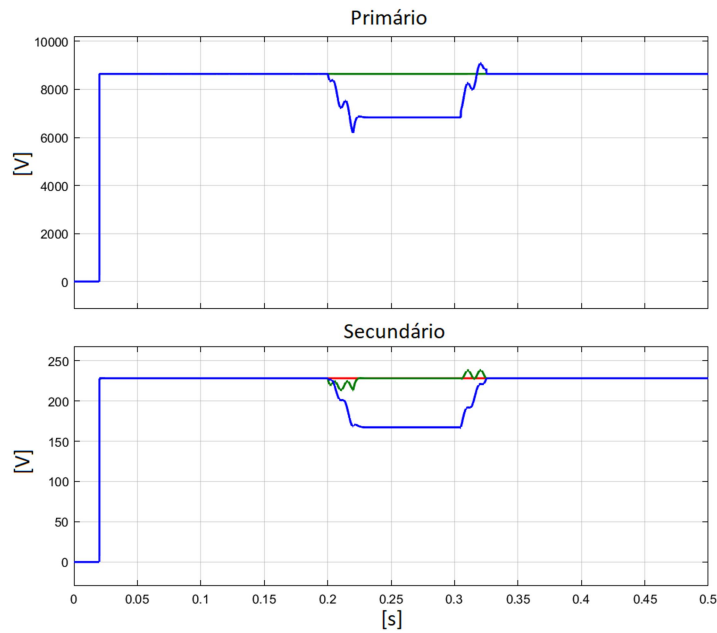


Figura 66 - Tensão eficaz simples no primário e na carga.

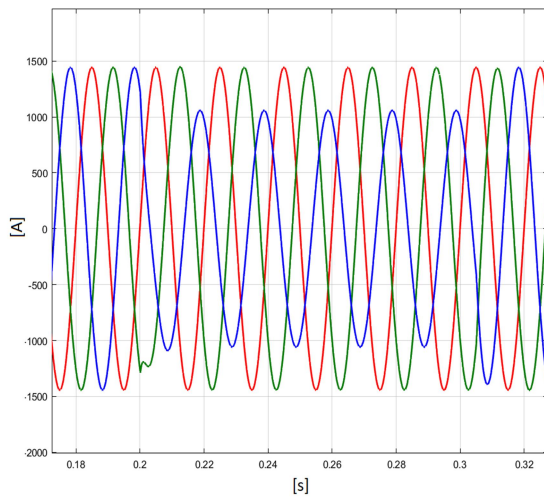


Figura 67 - Corrente na carga.

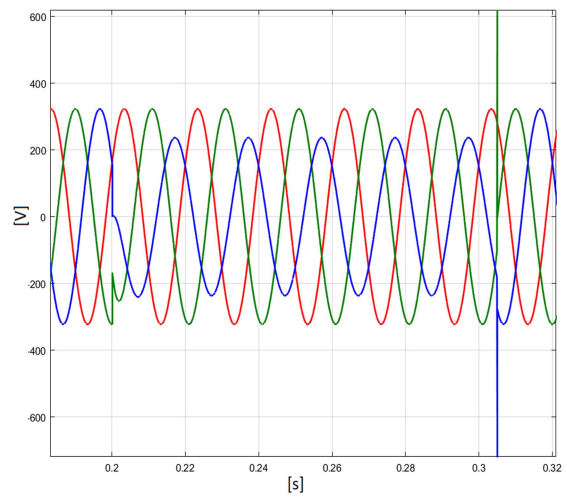


Figura 68 - Tensão na carga.

Após análise dos gráficos das figuras 69 e 70, correspondentes às curvas de corrente e tensão na carga, obtidos na simulação do sistema a operar com um e com dois transformadores, respetivamente, constatou-se que não se verificaram alterações nos resultados para ambas as situações.

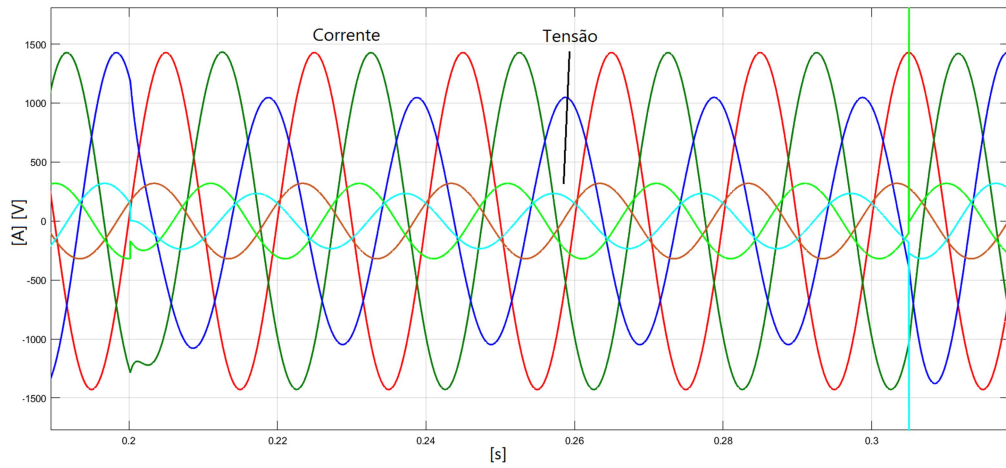


Figura 69 – Tensão e corrente na carga – Operação com 1 transformador

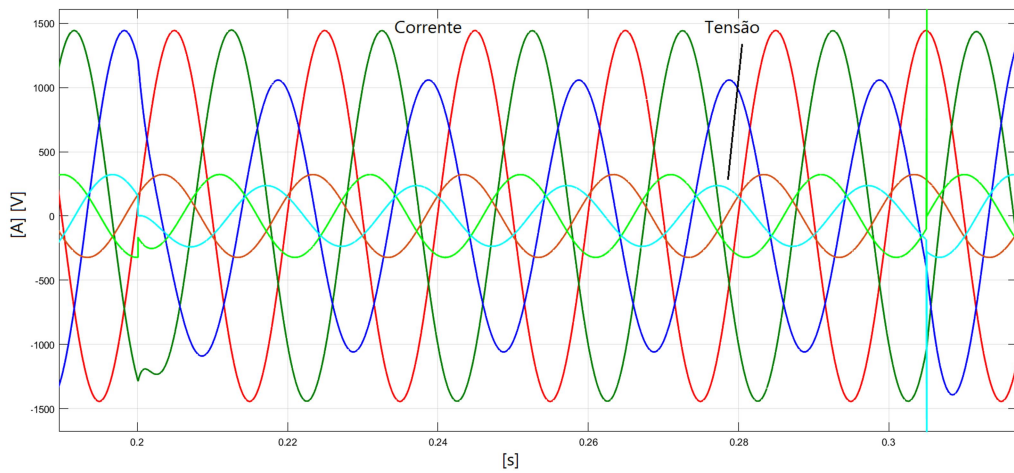


Figura 70 – Tensão e corrente na carga – Operação com 2 transformador.

Concluiu-se assim que a utilização de transformadores a operarem em paralelo numa rede de distribuição não influencia a propagação de perturbações da rede MT para a rede de BT.

4.4 – QUALIDADE DE ENERGIA NA REDE DE BT QUANDO OCORREM COMUTAÇÕES ENTRE OS TRANSFORMADORES EM PARALELO

A análise efetuada à qualidade de energia na rede de BT, durante a comutação de transformadores em paralelo, foi elaborada com base no sistema anterior a funcionar com apenas um transformador, a alimentar uma carga de 930 kVA. Em determinado momento é colocado em funcionamento, em paralelo, o segundo transformador e observada a resposta do sistema.

Durante a simulação, o interruptor de MT do transformador 2 foi ligado aos 0.2 segundos e o de BT aos 0.3 s tendo ficado os dois transformadores a funcionar em paralelo, com a mesma carga.

Foi considerado neste estudo o efeito da saturação dos transformadores.

Da observação das curvas das correntes dos transformadores, Figura 71, verificou-se que no momento da ligação do transformador 2 este entra em saturação, dando origem a uma corrente de ligação muito elevada.

Ao ser colocada tensão num transformador em vazio, é criado um regime transitório devido à saturação mais ou menos forte do ferro do núcleo magnético, levando ao aparecimento de correntes não sinusoidais muito intensas e deformadas pela presença de uma grande componente contínua, que pode fluir durante vários ciclos.

O fenómeno é ainda agravado se, no momento da ligação do transformador, o circuito magnético apresentar um fluxo remanescente ao qual se vai adicionar o novo fluxo provocado pela aplicação de uma tensão que a ser positiva e crescente vai, de acordo com a lei de Faraday, provocar o aumento da intensidade de fluxo.

As correntes de ligação, neste caso, podem atingir valores várias vezes superiores ao valor da corrente nominal, mas não ultrapassam a corrente de curto-circuito do transformador.

Após a comutação do interruptor do secundário do transformador para a posição de “fechado,” a carga passou a ser alimentada equitativamente pelos dois transformadores, pelo que, metade do valor da corrente da carga foi transferida para o transformador 2 adicionando-se ao valor da corrente transitória de arranque.

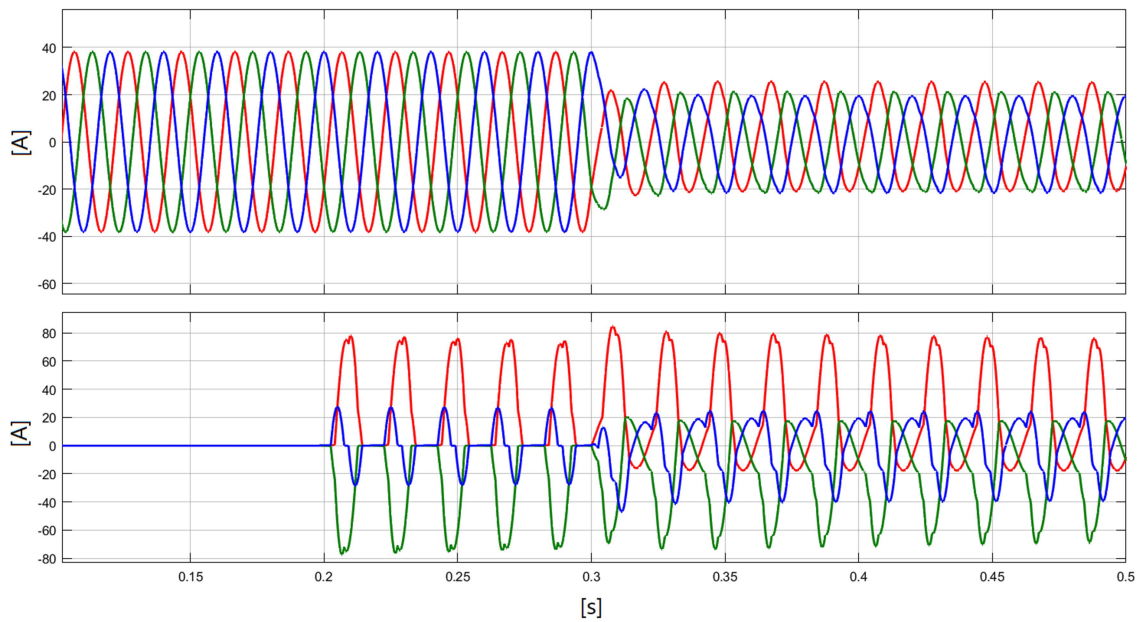


Figura 71 – Correntes nos primários dos transformadores.

O instante em que é efetuada a ligação do transformador também pode influenciar a amplitude e forma da corrente de ligação gerada, ou seja, caso a ligação do transformador seja efetuada quando a amplitude da tensão aplicada é máxima, o valor da corrente de magnetização nesse instante é nulo, por se encontrar 90° em atraso, conseqüentemente não existe transitório de corrente significativo, Figura 72.

No caso da tensão aplicada se encontrar na sua amplitude mínima, igual a zero, a corrente de magnetização vai ser máxima e como numa situação de arranque do transformador, Figura 73, o valor da corrente inicial é nula, resulta no aparecimento de um efeito transitório que provoca uma importante corrente aperiódica e deformada.

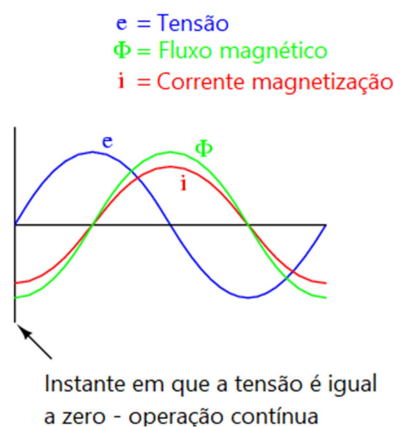


Figura 72 – Curva da tensão, fluxo e corrente magnetização – Funcionamento contínuo [50].

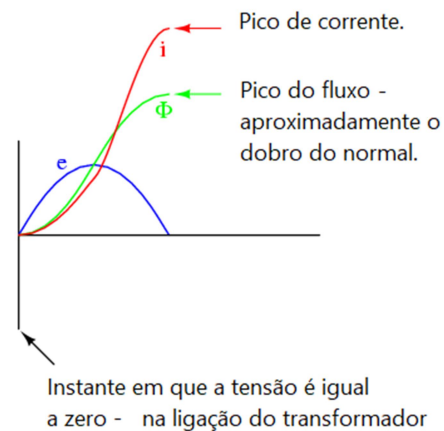


Figura 73 – Curva da tensão, fluxo e corrente magnetização – Na ligação do transformador[51].

A nível das correntes eficazes, Figura 74, observa-se a variação da carga no transformador 1 com a entrada em funcionamento em paralelo do transformador 2, bem como o desequilíbrio dos valores das fases, na carga, a partir desse momento.

No que diz respeito à variação das tensões na carga, Figura 75, o valor sofre um aumento com a entrada do segundo transformador em paralelo, devido à diminuição da impedância do circuito. A partir desse momento, as tensões passam a ficar desequilibradas em resultado do efeito de saturação do transformador 2.

Na rede de MT, verifica-se um desequilíbrio das tensões e uma redução dos seus valores em resposta ao fenómeno de saturação do transformador 2.

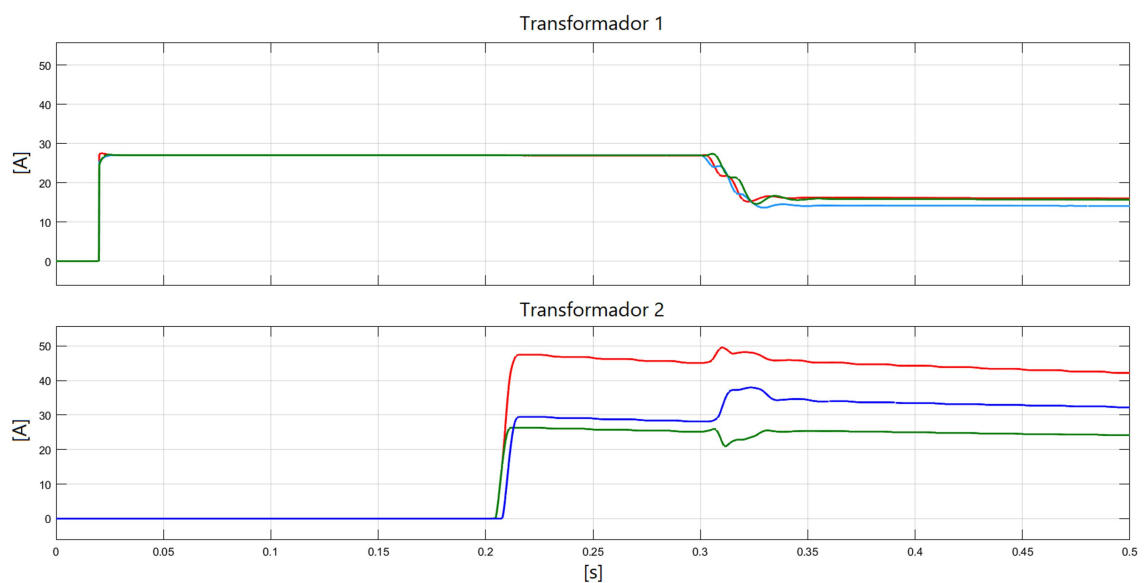


Figura 74 – Corrente eficaz no primário.

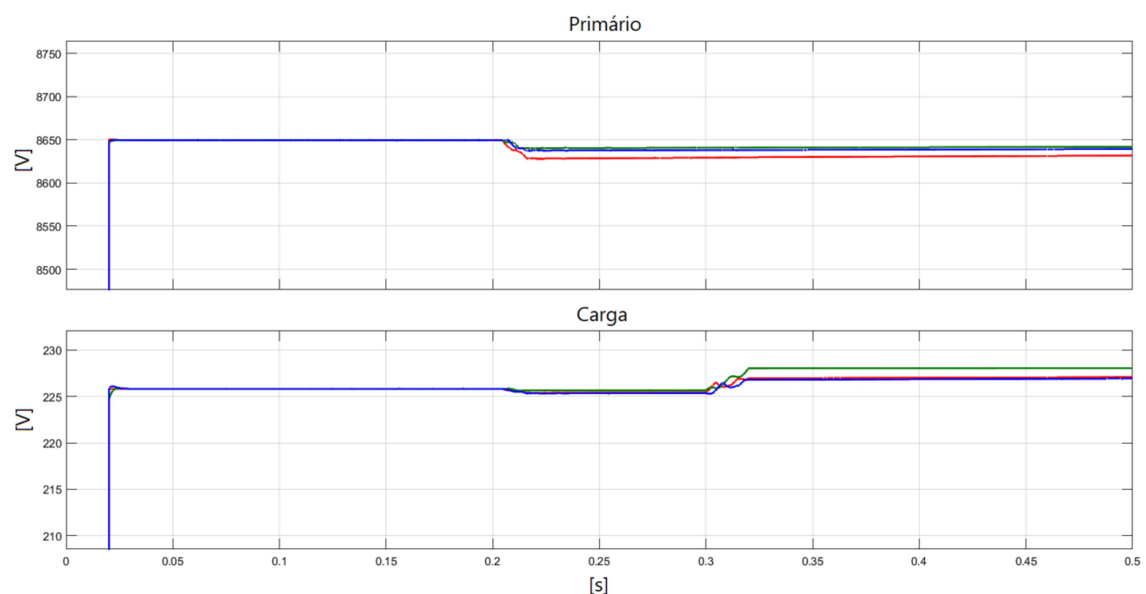


Figura 75 – Tensão eficaz da tensão simples no primário e na carga.

Concluiu-se assim que a comutação de transformadores de potência pode dar origem a fenômenos transitórios que podem afetar a qualidade de energia fornecida à carga, pelo que o processo de ligação dos mesmos deve ser efetuado de forma faseada e espaçada, para que os interruptores de MT e BT sejam ligados de forma a evitar a sobrecarga do transformador no momento da ligação.

Quando numa instalação são utilizados transformadores em paralelo deve existir uma atenção redobrada uma vez que a entrada de um transformador em saturação, durante o processo de ligação, pode dar origem a transitórios de correntes com valores 20 vezes superiores à nominal do transformador, que, por sua vez, se podem propagar aos transformadores que se encontram a funcionar em paralelo provocando aquecimentos indesejáveis e maiores perdas por efeito de joule, podendo em situações limites, levar à entrada em saturamento desses mesmos equipamentos.

A utilização de transformadores a operarem em paralelo num sistema trifásico tem a vantagem de ser possível efetuar intervenções de manutenção preventiva ou corretiva a nível dos transformadores, sem colocar a instalação fora de serviço, o que aumenta a fiabilidade e a continuidade de serviço sem prejudicar de forma significativa a qualidade de energia do sistema. No entanto, trata-se de uma instalação de maior complexidade e exigência a nível de operação.

5. Conclusões

Através do estágio acadêmico efetuado foi possível evidenciar, de forma clara, que a manutenção multitécnica de instalações e equipamentos se trata de uma atividade de extrema importância para o prolongamento da vida útil de todos os sistemas técnicos que fazem parte de uma infra-estrutura ou edifício.

O desenvolvimento de planos de manutenção preventiva e corretiva de uma determinada instalação potencia de forma bastante significativa a fiabilidade dessa instalação, reduzindo o número de avarias, o tempo de paragens e os custos associados à sua exploração.

As alterações que se afiguram num futuro próximo na área da produção e transporte de energia, devido à introdução de sistemas de carregamento de veículos elétricos, irá contribuir para um maior desenvolvimento desta atividade bem como de soluções para o aumento da capacidade de transporte das redes de distribuição de energia elétrica como é o caso da utilização de transformadores de potência em paralelo.

A utilização de transformadores de potência a funcionar em paralelo é uma solução técnica que permite uma gestão mais eficiente do transporte de energia elétrica e do planeamento da manutenção da rede de distribuição, razão pela qual é largamente adotada a nível global em todas as redes de distribuição de energia elétrica e que permitirá efetuar o reforço dessas redes para fazer face à expansão dos sistemas de carregamento de veículos elétricos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] "Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050". Resolução de Conselho de Ministros n.º 107/2019, de 1 de julho. Acessado a 30-09-2022.
- [2] "COP26: THE GLASGOW CLIMATE PACT". <https://together-for-our-planet.ukcop26.org/>. Acessado a 30-09-2022.
- [3] José Paulo Saraiva Cabral, Gestão da Manutenção de Equipamentos, Instalações e Edifícios, LIBEL, Lisboa, 2021.
- [4] Google maps, Escola Superior de Saúde.
- [5] Medium Voltage Distribution. Schneider Electric: 2014.
- [6] Cable Joints, Elastimold (T&B). Celeasco: 2022
- [7] Projeto de execução da Escola Superior de Saúde. Direção Geral de Instalações e Equipamentos de Saúde: 1997.
- [8] SFset with VIP11 or Vip 13 integrated control unit. MERLIN GERIN
- [9] Oil Distribution Transformer up to 3150 kVA. Schneider Electric: 2021.
- [10] Informação Técnica DGPT2. Automation 2000: 2016
- [11] Proteção de incêndio para Postos de transformação – Subestações elétricas – Transformadores. <https://protecfire.pt/embarcacoes-e-outros/>.
- [12] Aparelhagem de Alta e Média Tensão. EFACEC: 2022
- [13] Molécula de hexafluoreto de enxofre. <https://geogebra.org/m/WaQeV4Wy>. Acessado a 30-09-2022.
- [14] Norma Portuguesa NP EN 62305 2014: proteção contra descargas atmosféricas. Instituto Português da Qualidade; elab. CTE 81 (IEP)
- [15] Norma Portuguesa NP 4426, 2ª Edição. Instituto Português da Qualidade: 2013.
- [16] Catalogo Sistemas de Proteção contra descargas atmosféricas/ Sistemas de Terra. BProtec: 2019
- [17] BS EN IEC 62305 Padrão de proteção contra raios. lsp-international 2022
- [18] Piscinas Municipais de Albufeira. <http://educa.cm-albufeira.pt/>. Acessado a 30-09-2022.
- [19] Portaria n.º 949-A/2006 de 11 de setembro, "Regras Técnicas de Instalações Elétricas de Baixa Tensão - RTIEBT", Diário da República, 1ª série, n.º 175 de 11 de setembro de 2006.

- [20] Projeto de execução do Sistema Fotovoltaico. Município de Albufeira 2020.
- [21] Catalogo AstroSemi – CHSM72M-HC 380-400. ASTROENERGY: 2021.
- [22] Catalogo AstroSemi – CHSM72M-HC 400-410. ASTROENERGY: 2021.
- [23] Catalogo Sunny Tripower 15000TL / 20000TL / 25000TL. SMA Solar Technology: 2022.
- [24] Norma IEC 62446-1 - Photovoltaic (PV) systems – Requirements for testing, documentation and maintenance – Part 1: Grid connected systems – Documentation, comissioning test and inspection. International Electrotechnical Commission: 2016.
- [25] Limpeza módulos fotovoltaicos com água. <https://www.solarpowerworldonline.com/2015/02/fighting-dirty-manual-washing-vs-automatic-cleaning-of-solar-modules/>. Acessedido a 30-09-2022.
- [26] Robô de limpeza Central fotovoltaica de Aswan no Egito. <https://www.portalsolar.com.br/noticias/tecnologia/equipamentos-fv/ecoppia-fornece-robos-para-limpeza-de-modulos-em-usina-fotovoltaica-no-egito>. Acessedido a 30-09-2022.
- [27] Limpeza mecanizada de módulos fotovoltaicos. <https://www.hammertecbrasil.com.br/limpeza-placas-energia-solar>. Acessedido a 30-09-2022.
- [28] Limpeza manual de módulos fotovoltaicos. <https://www.energiasolarshop.com.br/post/como-quando-e-por-que-voc%C3%AA-deve-limpar-pain%C3%A9is-solares>. Acessedido a 30-09-2022.
- [29] Photovoltaic (PV) systems – Requirements for testing, documentation and maintenance – Part 3: Photovoltaic modules and plants – Outdoor infrared thermography. IEC TS 62446-3:2017.
- [30] Annex C – Matrix for thermal abnormalities of PV modules. IEC TS 62446-3:2017.
- [31] Imagem termográfica de sistema fotovoltaico. <https://www.testo.com/pt-BR/aplicacoes/energia-solar>. Acessedido a 30-09-2022.
- [32] ETA de Tavira. <https://www.aguasdoalgarve.pt/content/eta-de-tavira>. Acessedido a 30-09-2022.
- [33] Diagrama de dimensionamento da bomba. <https://product-selection.grundfos.com/pt/products/cr-cre-cri-crie-crn-crne-crt-crte/cre/cre-15-2-98727901?pumpsystemid=1646714496&tab=variant-sizing-results>.

- [34] Catalogo Técnico Armaflex.
https://local.armacell.com/fileadmin/cms/portugal/downloads/Catalogue/CATALOGO_TECNICO.pdf. Acessado a 30-09-2022.
- [35] Decreto-Lei n.º 101-D/2020, de 7 de dezembro – Estabelece os requisitos aplicáveis a edifícios para a melhoria do seu desempenho energético e regula o Sistema de Certificação Energética de Edifícios, transpondo a Diretiva (UE) 2018/844 e parcialmente a Diretiva (UE) 2019/944. Diário da República n.º 237/2020, Série I de 2020-12-07.
- [36] Decreto-Lei n.º 102/2021, de 19 de Novembro – Requisitos de Acesso e de exercício da Atividade dos técnicos SCE. Diário da República n.º 225/2021, Série I de 2021-11-19.
- [37] Técnicos de Sistemas de Certificação Energética.
<https://www.sce.pt/certificacao-energetica-de-edificios-3/profissionais-sce/>.
Acessado a 30-09-2022.
- [38] Escolas Tomás Cabreira. <https://parque-escolar.pt/pt/escola/203>.
- [39] Escola João de Deus. <https://parque-escolar.pt/pt/escola/202>.
- [40] Escola Francisco Fernandes Lopes. <https://parque-escolar.pt/pt/escola/206>.
- [41] Escola de Vila Real de Santo António. <https://parque-escolar.pt/pt/escola/209>.
- [42] Projeto de execução da Escola Tomás Cabreira. LMSA, 2007.
- [43] Decreto n.º 42 895/60, de 31 de março alterado pelos Decreto Regulamentar n.º 14/77, de 18 de fevereiro e Decreto Regulamentar n.º 56/85, de 6 de setembro, “Aprova os Regulamentos das Redes de Transporte e de Distribuição”, Diário da República n.º 147/2010, Série I de 2010-07-30.
- [44] Decreto n.º 42 895/60, de 31 de março alterado pelos Decreto Regulamentar n.º 14/77, de 18 de fevereiro e Decreto Regulamentar n.º 56/85, de 6 de setembro, “Regulamento de Segurança de Subestações e Postos de Transformação e de Seccionamento”, Diário do Governo n.º 75/1960, Série I de 1960-03-31.
- [45] Decreto-lei n.º 26852, de 30 de julho de 1936, na redação dada pelo Decreto-lei n.º 517/80, de 31 de outubro, “Regulamento de Licenças para Instalações Elétricas”, Diário do Governo n.º 177/1936, Série I de 1936-07-30.
- [46] Hotel Monte da Quinta. <https://www.portugalresident.com/monte-da-quinta-resort-becomes-wyndham-grand-algarve-in-e5-million-revamp/>. Acessado a 30-09-2022.
- [47] Projeto de execução do Hotel Monte da Quinta. LMSA, 2007

- [48] Revista Brasileira de Ensino de Física.
<https://www.scielo.br/j/rbef/a/gfZK5Pm7WkT6wdy9CfmsRDR/?format=html&lang=pt>. Acessado a 30-09-2022.
- [49] Set Series Trihal Cast Resin Transformer up to 3150 kVA. Schneider, 2021.
- [50] Adapado do grafico da Figura 2. <https://crushtymks.com/nl/energy-and-power/462-practical-considerations-of-transformer-inrush-current.html>.
Acessado a 30-09-2022.
- [51] Adapado do grafico da Figura 3. <https://crushtymks.com/nl/energy-and-power/462-practical-considerations-of-transformer-inrush-current.html>.
Acessado a 30-09-2022.
- [52] Gestão da Manutenção de Equipamentos, Instalações e Edifícios. José Paulo Saraiva Cabral, Lidel – Edições Técnicas, 4ª Edição: 2021.
- [53] Fluid Mechanics. Frank M. White, McGraw-Hill Higher Education, 5ª edição: 2003.
- [54] Transformadores: Teoria e Ensaio. José Carlos de Oliveira, João Roberto Cogo, José Policarpo G. de Abreu: 2018.
- [55] Sistemas Elétricos Trifásicos a Média, Alta e Muito Alta Tensão. Manuel Delgado, Plurindustria - Edições Técnicas: 2010.
- [56] Transformadores de Potência. Manuel Bolotinha, Quantica Editora: 2019.
- [57] “Regulamento da Qualidade de Serviço do Setor Elétrico”, Diário da República, 2.ª série, de 29 de novembro com o n.º 455/2013.

ANEXO A - PLANO DE MANUTENÇÃO - POSTO DE TRANSFORMAÇÃO

ANEXO B - TABELA 6 DA NP EN62305-3

ANEXO C - TABELA 7 DA EN62305

ANEXO D - PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA – SPDA

ANEXO E – DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO - SOFTWARE SUNNY DESIGN

ANEXO F – TABELA DE COEFICIENTE DE PERDAS DOS ACESSÓRIOS – K_i

ANEXO G - PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA – CHILLER E CIRCUITO HIDRÁULICO

ANEXO H - PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA – POSTO DE TRANSFORMAÇÃO DAS
ESCOLAS

ANEXO A - Plano de Manutenção - Posto de Transformação

PLANO DE MANUTENÇÃO DO POSTO DE TRANSFORMAÇÃO			
ATIVIDADE	PREODICIDADE		
	Trimestral	Semestral	Anual
Inspecionar visualmente o funcionamento geral do equipamento	X		
Inspeção do estado de cela	X		
Verificação de fugas de óleo do transformador	X		
Verificação do estado aparente, dos aparelhos de corte e de proteção	X		
Verificação do estado de conservação dos equipamentos de iluminação normal e de emergência	X		
Verificação dos sinalizadores de presença de tensão	X		
Verificação do estado de conservação dos isolamentos dos condutores e cabos	X		
Verificação do estado de conservação dos equipamentos de utilização	X		
Verificação do estado de conservação do aparelhos de corte e comando	X		
Medição do fator de potência da instalação		X	
Medição das tensões simples e compostas		X	
Verificação do estado de conservação dos eletrodos de terra		X	
Verificação de continuidade e das ligações das massas à terra		X	
Verificação do funcionamento dos dispositivos de alarme			X
Verificação das proteções contra contactos indiretos			X
Verificação das proteções contra sobreintensidades			X
Medição da resistência de terra de proteção			X
Medição da resistência da terra de serviço			X
Medição da Resistência de isolamento			X
Medição da impedância do circuíto de defeito			X
Verificação do painel de Instruções de primeiros socorros			X
Verificação do estado de conservação dos acessórios regulamentares (Tapete, Luvas e lanterna)			X
Manutenção e verificação de encravamentos mecânicos			X
Quadro de MT			
Compartimento de barramento e de cabos:			
Verificação e realização de reaperto			X
Realização de limpeza			X
Compartimento de disjuntor			
Inspeção, verificação e lubrificação de encravamentos mecânicos			X
Inspeção, verificação e lubrificação do disjuntor			X
Verificação de existência de fugas de SF6			X
Limpeza do transformador de potência			X
Limpeza geral da sala técnica			X
Verificação das Tomadas ELASTIMOLD			X
Termografia durante o período de maior carga			X

ANEXO B - Tabela 6 da NP EN62305-3

Material	Configuração	Secção transversal mínima mm ²	Comentários ⁽¹⁰⁾
Cobre	Fita sólida ⁽¹⁾	50 ⁽⁸⁾	2 mm de espessura mínima
	Barra sólida	50 ⁽⁸⁾	8 mm de diâmetro
	Trama	50 ⁽⁸⁾	1,7mm de diâmetro de cada componente
	Fita sólida ⁽³⁾⁽⁴⁾	50 ⁽⁸⁾	16mm de diâmetro
Cobre estanhado	Fita sólida	50 ⁽⁸⁾	2 mm de espessura mínima
	Barra sólida ⁽⁷⁾	50 ⁽⁸⁾	8 mm de diâmetro
	Trama	50 ⁽⁸⁾	1,7mm de diâmetro de cada componente
Cobre estanhado	Fita sólida	70	2 mm de espessura mínima
	Barra sólida	50 ⁽⁸⁾	8 mm de diâmetro
	Trama	50 ⁽⁸⁾	1,7mm de diâmetro de cada componente
Liga de alumínio	Fita sólida	50 ⁽⁸⁾	2 mm de espessura mínima
	Barra sólida	50	8 mm de diâmetro
	Trama	50 ⁽⁸⁾	1,7mm de diâmetro de cada componente
	Fita sólida ⁽³⁾	200 ⁽⁸⁾	16mm de diâmetro
Aço galvanizado a quente	Fita sólida	50 ⁽⁸⁾	2 mm de espessura mínima
	Barra sólida ⁽⁹⁾	50	8 mm de diâmetro
	Trama	50 ⁽⁸⁾	1,7mm de diâmetro de cada componente
	Fita sólida ⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁹⁾	200 ⁽⁸⁾	16mm de diâmetro
Aço Inoxidável	Fita sólida ⁽⁶⁾	50 ⁽⁸⁾	2 mm de espessura mínima
	Barra sólida ⁽⁶⁾	50	8 mm de diâmetro
	Trama	70 ⁽⁸⁾	1,7mm de diâmetro de cada componente
	Fita sólida ⁽³⁾⁽⁴⁾	200 ⁽⁸⁾	16mm de diâmetro
(1) Espessura mínima do revestimento a quente ou eletrolítico de 1µm.			
(2) O revestimento deve ser liso e contínuo, com espessura mínima de 50 µm.			
(3) Aplicável para terminais de captação. Em aplicações onde estresses mecânicos não são críticos um captor de 10mm de diâmetro e comprimento máximo de 1m com componente adicional de fixação pode ser utilizado.			
(4) Aplicável apenas a condutores de aterramento.			
(5) Cromo ≥ 16%, níquel ≥ 8%, carbono ≤ 0,07%.Aplicável apenas a condutores de aterramento.			
(6) Para aço inoxidável incorporado ao concreto e/ou em contacto direto com materiais inflamáveis as dimensões mínimas devem ser acrescidas para 78mm ² (10mm de diâmetro) para barra sólida e 75mm ² (3mm de espessura mínima).			
(7) 50 mm ² (8mm de diâmetro) pode ser reduzido para 28mm ² (6mm de diâmetro) em aplicações onde estresses mecânicos não são críticos. Deve-se considerar, neste caso, a redução dos espaçamentos entre fixadores.			
(8) Se critérios térmicos e mecânicos são importantes, estas dimensões podem ser aumentadas para 60mm ² para fita sólida e 78mm ² para barra sólida.			
(9) As secções mínimas para evitar derretimento são de 16mm ² para cobre, 25mm ² para alumínio, 50mm ² para aço e 50mm ² para aço inoxidável, para uma energia de 10000 KJ/Ω.			
(10) Espessuras e diâmetros especificados possuem tolerância de ±10%			

ANEXO C - Tabela 7 da EN62305

Materiais	Configuração	Dimensões		
		Diâmetro da haste de terra mm	Condutor de terra mm ²	Placa de terra mm
Cobre Cobre estanhado	Cableado		50	
	Circular maciço	15	50	
	Em fita maciço		50	
	Canalização	20		
	Placa sólida			500 × 500
	Placa de rede ^{c)}			600 × 600
Aço galvanizado por imersão a quente	Circular maciço	14	78	
	Canalização	25		
	Em fita maciço		90	
	Placa maciço			500 × 500
	Placa reticulada			600 × 600
	Perfil	a		
Aço nu ^{b)}	Cableado		70	
	Circular maciço		78	
	Em fita maciço		75	
Aço com revestimento em cobre	Circular maciço	14 ^{d)}	50	
	Em fita maciço		90	
Aço inoxidável	Circular maciço	15 ^{d)}	78	
	Em fita maciço		100	

^{a)} As características mecânicas e elétricas, bem como as propriedades de resistência à corrosão devem satisfazer os requisitos da futura série da EN 50164.

^{b)} Deve ser integrado no betão com uma profundidade mínima de 50 mm.

^{c)} Placa reticulada com um comprimento mínimo total do condutor de 4,8 m.

^{d)} Diferentes perfis são permitidos com uma secção eficaz de 290 mm² e uma espessura mínima de 3 mm, p.ex. perfil transversal.

^{e)} No caso de uma disposição de ligação à terra de fundação do tipo B, o eletrodo de terra deve estar conectado de forma correta, pelo menos a cada 5 m, com a armadura de aço.

Quadro 2 – Materiais, configuração e dimensões mínimas dos eletrodos de terra

Classe de SPDA	Material	Secção eficaz mm ²
I a IV	Cobre	16
	Alumínio	25
	Aço	50

Quadro 3 – Dimensões mínimas dos condutores que interligam as barras de equipotencialidade

Classe de SPDA	Material	Secção eficaz mm ²
I a IV	Cobre	6
	Alumínio	10
	Aço	16

Quadro 4 – Dimensões mínimas dos condutores que interligam as estruturas metálicas às barras de equipotencialidade

ANEXO D - Plano de Manutenção Preventiva – SPDA

PLANO DE MANUTENÇÃO DO SPDA			
ATIVIDADE	PREODICIDADE		
	Anual	Bi- Anual	Tri- Anual
Inspeccionar visualmente todos os condutores do SPDA	X		
Verificação da continuidade elétrica da instalação	X		
Verificação dos elementos de captura	X		
Verificação do estado de conservação dos suportes dos cabos ou fitas.	X		
Medição de resistência da terra do sistema de redes de terra	X		
Verificação da eficácia do SPDA	X		
Registo dos procedimentos e verificação da documentação associada à manutenção.	X		

ANEXO E – Dimensionamento do sistema fotovoltaico - Software SUNNY DESIGN

Projecto: Piscinas Municipais de Albufeira **Local de instalação:** Portugal / Albufeira
Número do projecto: ---
Tensão de rede: 230V (230V / 400V)

Vista geral do sistema

67 x Astronergy Co. Ltd. (Chint Solar) CHSM72M-HC-400 AstroSemi (UL) (05/2019) (Gerador fotovoltaico 1)

Azimute: 20 °, Inclinação: 14 °, Tipo de montagem: Telhado, Potência de pico: 26,80 kWp

67 x Astronergy Co. Ltd. (Chint Solar) CHSM72M-HC-395 AstroSemi (UL) (05/2019) (Gerador fotovoltaico 2)

Azimute: 20 °, Inclinação: 14 °, Tipo de montagem: Telhado, Potência de pico: 26,47 kWp

66 x Astronergy Co. Ltd. (Chint Solar) CHSM72M-HC-400 AstroSemi (UL) (05/2019) (Gerador fotovoltaico 3)

Azimute: 20 °, Inclinação: 14 °, Tipo de montagem: Telhado, Potência de pico: 26,40 kWp



1 x SMA STP 25000TL-30



1 x SMA STP 25000TL-30



1 x SMA STP 25000TL-30

Dados de dimensionamento fotovoltaico

Quantidade total de módulos FV:	200	Rácio de desempenho*:	87,5 %
Potência de pico:	79,67 kWp	Rendimento energético espec.*:	1852 kWh/kWp
Número de inversores fotovoltaicos:	3	Perdas em linha (em % de energia FV):	---
Potência nominal CA dos inversores fotovoltaicos:	75,00 kW	Carga desequilibrada:	0,00 VA
Potência activa CA:	75,00 kW	Consumo anual de energia:	600 MWh
Relação de potência activa:	94,1 %	Autoconsumo:	147 MWh
Rendimento energético anual*:	147,55 MWh	Quota de autoconsumo:	99,8 %
Excedente causado pelo SMA Shadefix:	0 kWh	Taxa de autonomia:	24,5 %
Factor de utilização da energia:	100 %	Redução de CO ₂ após 20 ano(s):	991 t

Assinatura

*Importante: os valores de rendimento indicados são valores estimados. Eles são calculados matematicamente. A SMA Solar Technology AG não assume qualquer responsabilidade pelo valor de rendimento real, que pode divergir dos valores de rendimento aqui indicados. As diferenças podem dever-se a várias circunstâncias externas, p. ex., sujidade dos módulos fotovoltaicos ou flutuações nos rendimentos dos módulos fotovoltaicos.

O seu sistema energético em resumo

Projecto: Piscinas Municipais de Albufeira



CISEC, SA

Número do projecto: ---

Local de instalação: Portugal / Albufeira

Data: 27/08/2022

Criada com Sunny Design 5.30.2.R © SMA Solar Technology AG 2022

Sistema energético

Sistema fotovoltaico	Inversor fotovoltaico 3 x SMA STP 25000TL-30	Geradores fotovoltaicos 133 x Astronergy Co. Ltd. (Chint Solar) CHSM72M-HC-400 AstroSemi 67 x Astronergy Co. Ltd. (Chint Solar) CHSM72M-HC-395 AstroSemi
Componentes adicionais	Gestão energética 1 x Sunny Home Manager 2.0	1 x Sunny Portal
Dimensões do sistema	Sistema fotovoltaico 79,67 kWp	

Vantagens

 25 EUR Compensação por injeção na rede no primeiro ano	 24,5 % Taxa de autonomia	 3.437 EUR Custos de eletricidade economizados por mês	 991 t Redução de CO ₂ após 20 ano(s)
Poupança total após 20 ano(s)			907.211 EUR

*Importante: os valores de rendimento indicados são valores estimados. Eles são calculados matematicamente. A SMA Solar Technology AG não assume qualquer responsabilidade pelo valor de rendimento real, que pode divergir dos valores de rendimento aqui indicados. As diferenças podem dever-se a várias circunstâncias externas, p. ex., sujidade dos módulos fotovoltaicos ou flutuações nos rendimentos dos módulos fotovoltaicos.

Dimensionamentos dos inversores

Projecto: Piscinas Municipais de Albufeira

Número do projecto:

Local de instalação: Portugal / Albufeira

Temperatura ambiente:

Temperatura mínima: 4 °C

Temperatura de dimensionamento: 24 °C

Temperatura máxima: 37 °C

Projecto parcial Projecto parcial 1

1 x SMA STP 25000TL-30 (Sistema parcial 1)

Potência de pico:	26,80 kWp
Quantidade total de módulos FV:	67
Número de inversores fotovoltaicos:	1
Potência máx. CC (cos φ = 1):	25,55 kW
Potência activa máx. CA (cos φ = 1):	25,00 kW
Tensão de rede:	230V (230V / 400V)
Razão de potência nominal:	95 %
Factor de dimensionamento:	107,2 %
Factor de desfasamento cos φ :	1
Horas em carga plena:	1984,6 h



SMA STP 25000TL-30

Dados de dimensionamento fotovoltaico

Entrada A: Gerador fotovoltaico 1

51 x Astronergy Co. Ltd. (Chint Solar) CHSM72M-HC-400 AstroSemi (UL) (05/2019), Azimute: 20 °, Inclinação: 14 °, Tipo de montagem: Telhado

Entrada B: Gerador fotovoltaico 1

16 x Astronergy Co. Ltd. (Chint Solar) CHSM72M-HC-400 AstroSemi (UL) (05/2019), Azimute: 20 °, Inclinação: 14 °, Tipo de montagem: Telhado

	Entrada A:	Entrada B:	
Número de strings:	3	1	
Módulos FV:	17	16	
Potência de pico (entrada):	20,40 kWp	6,40 kWp	
Tensão CC mín. INV (tensão de rede 230 V):	150 V	150 V	
Tensão fotovoltaica típica:	✓ 649 V	✓ 610 V	
Tensão FV mín.:	604 V	568 V	
Tensão CC máx. (Inversor):	1000 V	1000 V	
Tensão fotovoltaica máx.	✓ 887 V	✓ 835 V	
Corrente máx. de entrada por rastreamento MPP:	33 A	33 A	
Corrente máx. do gerador FV:	✓ 29,0 A	✓ 9,7 A	
Corrente máx. de curto-circuito por rastreamento MPP:	43 A	43 A	
Corrente máx. de curto-circuito fotovoltaico	✓ 30,7 A	✓ 10,2 A	

Sistema fotovoltaico / Inversor compatíveis

Este inversor é-lhe fornecido com SMA ShadeFix. SMA ShadeFix é um software patenteado para inversores, que otimiza automaticamente o rendimento de sistemas fotovoltaicos em qualquer situação. Mesmo em caso de ensombramento.

Dimensionamentos dos inversores

Projecto: Piscinas Municipais de Albufeira

Número do projecto:

Local de instalação: Portugal / Albufeira

Temperatura ambiente:

Temperatura mínima: 4 °C

Temperatura de dimensionamento: 24 °C

Temperatura máxima: 37 °C

Projecto parcial Projecto parcial 1

1 x SMA STP 25000TL-30 (Sistema parcial 2)

Potência de pico:	26,47 kWp
Quantidade total de módulos FV:	67
Número de inversores fotovoltaicos:	1
Potência máx. CC (cos φ = 1):	25,55 kW
Potência activa máx. CA (cos φ = 1):	25,00 kW
Tensão de rede:	230V (230V / 400V)
Razão de potência nominal:	97 %
Factor de dimensionamento:	105,9 %
Factor de desfasamento cos φ :	1
Horas em carga plena:	1961,2 h



SMA STP 25000TL-30

Dados de dimensionamento fotovoltaico

Entrada A: Gerador fotovoltaico 2

51 x Astronergy Co. Ltd. (Chint Solar) CHSM72M-HC-395 AstroSemi (UL) (05/2019), Azimute: 20 °, Inclinação: 14 °, Tipo de montagem: Telhado

Entrada B: Gerador fotovoltaico 2

16 x Astronergy Co. Ltd. (Chint Solar) CHSM72M-HC-395 AstroSemi (UL) (05/2019), Azimute: 20 °, Inclinação: 14 °, Tipo de montagem: Telhado

	Entrada A:	Entrada B:	
Número de strings:	3	1	
Módulos FV:	17	16	
Potência de pico (entrada):	20,15 kWp	6,32 kWp	
Tensão CC mín. INV (tensão de rede 230 V):	150 V	150 V	
Tensão fotovoltaica típica:	✓ 645 V	✓ 607 V	
Tensão FV mín.:	600 V	565 V	
Tensão CC máx. (Inversor):	1000 V	1000 V	
Tensão fotovoltaica máx.	✓ 882 V	✓ 830 V	
Corrente máx. de entrada por rastreamento MPP:	33 A	33 A	
Corrente máx. do gerador FV:	✓ 28,9 A	✓ 9,6 A	
Corrente máx. de curto-circuito por rastreamento MPP:	43 A	43 A	
Corrente máx. de curto-circuito fotovoltaico	✓ 30,5 A	✓ 10,2 A	

Sistema fotovoltaico / Inversor compatíveis

Este inversor é-lhe fornecido com SMA ShadeFix. SMA ShadeFix é um software patenteado para inversores, que otimiza automaticamente o rendimento de sistemas fotovoltaicos em qualquer situação. Mesmo em caso de ensombramento.

Dimensionamentos dos inversores

Projecto: Piscinas Municipais de Albufeira

Número do projecto:

Local de instalação: Portugal / Albufeira

Temperatura ambiente:

Temperatura mínima: 4 °C

Temperatura de dimensionamento: 24 °C

Temperatura máxima: 37 °C

Projecto parcial Projecto parcial 1

1 x SMA STP 25000TL-30 (Sistema parcial 3)

Potência de pico:	26,40 kWp
Quantidade total de módulos FV:	66
Número de inversores fotovoltaicos:	1
Potência máx. CC (cos φ = 1):	25,55 kW
Potência activa máx. CA (cos φ = 1):	25,00 kW
Tensão de rede:	230V (230V / 400V)
Razão de potência nominal:	97 %
Factor de dimensionamento:	105,6 %
Factor de desfasamento cos φ :	1
Horas em carga plena:	1956,2 h



SMA STP 25000TL-30

Dados de dimensionamento fotovoltaico

Entrada A: Gerador fotovoltaico 3

34 x Astronergy Co. Ltd. (Chint Solar) CHSM72M-HC-400 AstroSemi (UL) (05/2019), Azimute: 20 °, Inclinação: 14 °, Tipo de montagem: Telhado

Entrada B: Gerador fotovoltaico 3

32 x Astronergy Co. Ltd. (Chint Solar) CHSM72M-HC-400 AstroSemi (UL) (05/2019), Azimute: 20 °, Inclinação: 14 °, Tipo de montagem: Telhado

	Entrada A:	Entrada B:	
Número de strings:	2	2	
Módulos FV:	17	16	
Potência de pico (entrada):	13,60 kWp	12,80 kWp	
Tensão CC mín. INV (tensão de rede 230 V):	150 V	150 V	
Tensão fotovoltaica típica:	✓ 649 V	✓ 610 V	
Tensão FV mín.:	604 V	568 V	
Tensão CC máx. (Inversor):	1000 V	1000 V	
Tensão fotovoltaica máx.	✓ 887 V	✓ 835 V	
Corrente máx. de entrada por rastreamento MPP:	33 A	33 A	
Corrente máx. do gerador FV:	✓ 19,4 A	✓ 19,4 A	
Corrente máx. de curto-circuito por rastreamento MPP:	43 A	43 A	
Corrente máx. de curto-circuito fotovoltaico	✓ 20,5 A	✓ 20,5 A	

Sistema fotovoltaico / Inversor compatíveis

Este inversor é-lhe fornecido com SMA ShadeFix. SMA ShadeFix é um software patenteado para inversores, que otimiza automaticamente o rendimento de sistemas fotovoltaicos em qualquer situação. Mesmo em caso de ensombramento.

Notas

Projecto: Piscinas Municipais de Albufeira


Local de instalação: Portugal / Albufeira

Número do projecto:


Piscinas Municipais de Albufeira

Projecto parcial 1


1 x SMA STP 25000TL-30 (Sistema parcial 1)

 Este inversor é-lhe fornecido com SMA ShadeFix. SMA ShadeFix é um software patenteado para inversores, que otimiza automaticamente o rendimento de sistemas fotovoltaicos em qualquer situação. Mesmo em caso de ensombramento.

1 x SMA STP 25000TL-30 (Sistema parcial 2)

 Este inversor é-lhe fornecido com SMA ShadeFix. SMA ShadeFix é um software patenteado para inversores, que otimiza automaticamente o rendimento de sistemas fotovoltaicos em qualquer situação. Mesmo em caso de ensombramento.

1 x SMA STP 25000TL-30 (Sistema parcial 3)

 Este inversor é-lhe fornecido com SMA ShadeFix. SMA ShadeFix é um software patenteado para inversores, que otimiza automaticamente o rendimento de sistemas fotovoltaicos em qualquer situação. Mesmo em caso de ensombramento.

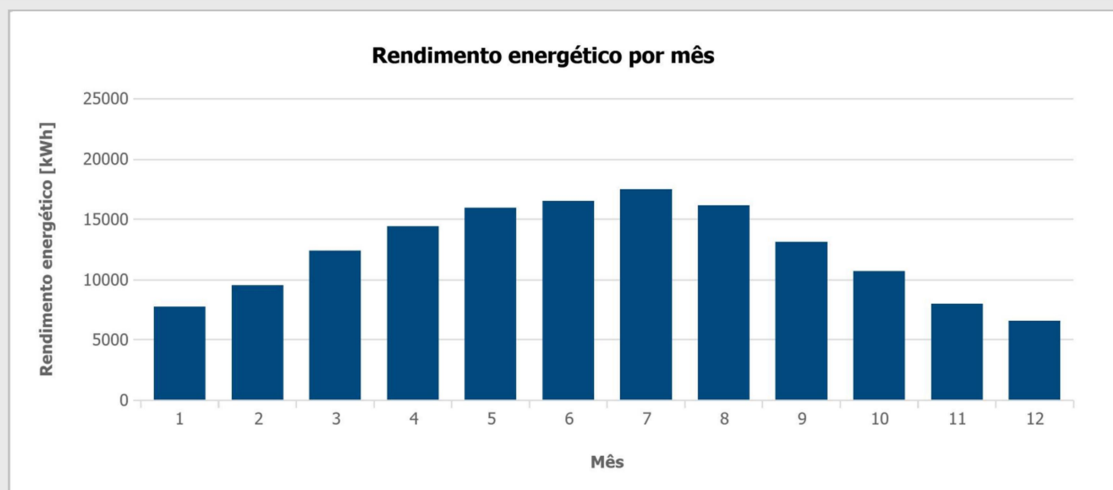
Valores mensais

Projecto: Piscinas Municipais de Albufeira

Local de instalação: Portugal / Albufeira

Número do projecto:

Diagrama



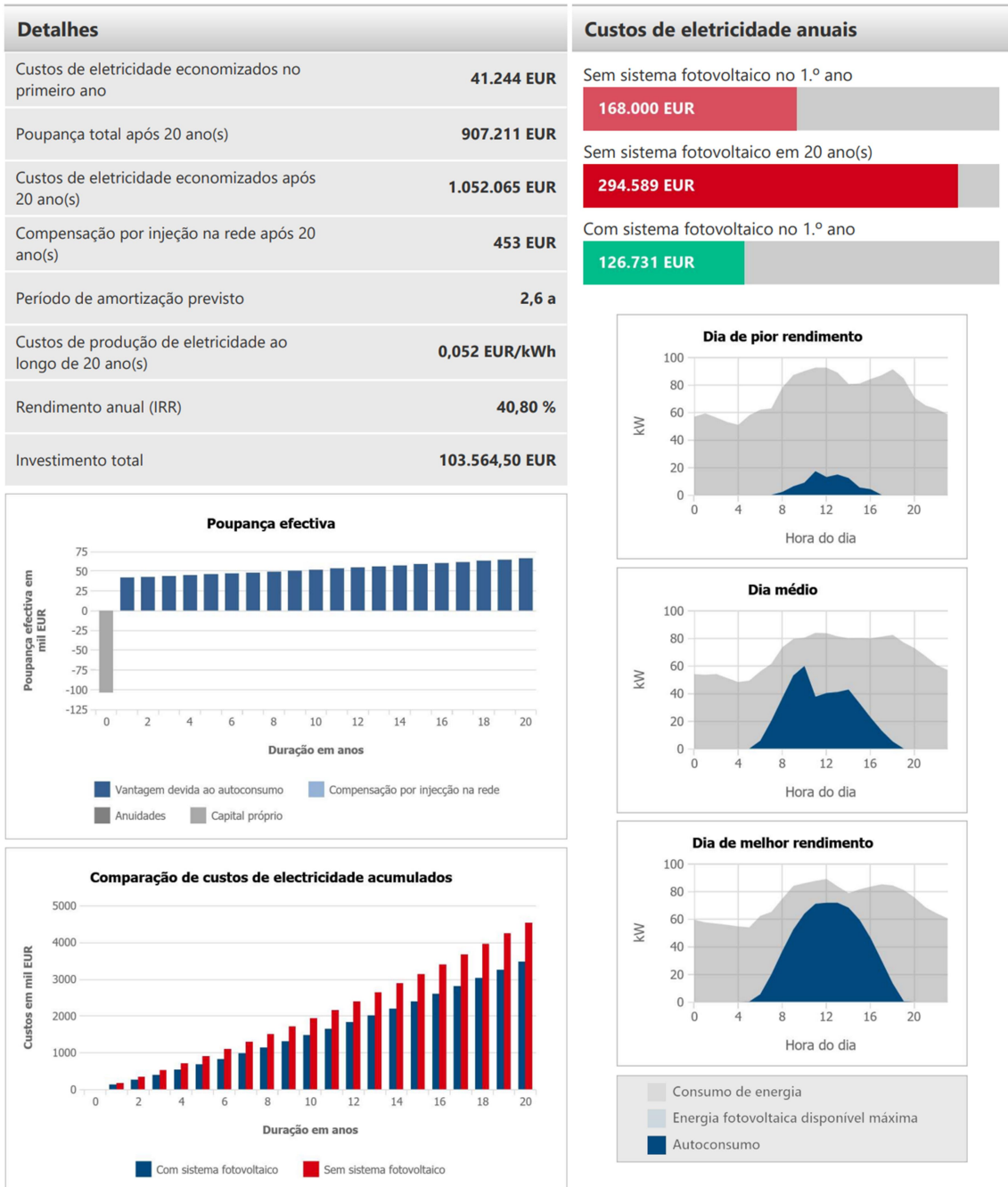
Tabela

Mês	Rendimento energético [kWh]	Autoconsumo [kWh]	Injecção na rede [kWh]	Consumo de energia da rede [kWh]
1	7679 (5,2 %)	7679	0	44184
2	9450 (6,4 %)	9450	0	37192
3	12294 (8,3 %)	12256	38	38577
4	14314 (9,7 %)	14246	69	33212
5	15861 (10,7 %)	15828	33	34867
6	16402 (11,1 %)	16377	25	33570
7	17391 (11,8 %)	17345	46	34146
8	16042 (10,9 %)	16030	11	35742
9	13050 (8,8 %)	13031	18	35439
10	10615 (7,2 %)	10606	8	38758
11	7930 (5,4 %)	7930	0	42193
12	6522 (4,4 %)	6522	0	44819

Análise da rentabilidade

Projecto: Piscinas Municipais de Albufeira

Número do projecto:



Análise da rentabilidade

Projecto: Piscinas Municipais de Albufeira

Número do projecto:

Financiamento

A moeda é **EUR**

A quota-parte de capital próprio é de **100 %**

A quota-parte de capital externo é de **0 %**

O financiamento total é de **0,00 EUR**

A taxa de inflação é de **3,00 %**

O período de análise da rentabilidade é de **20 anos**

Custos de compra de electricidade e compensação por injeção na rede

O preço de compra da electricidade é de **0,28000 EUR/kWh**

O preço base compreende **0,00 EUR/Mês.**

AS tarifas especiais não são consideradas

A taxa anual de encarecimento da electricidade é de **3,0 %**

A compensação por injeção na rede é de **0,10000 EUR/kWh**

A duração da compensação por injeção na rede é de **20 anos**

A dedução ou compensação com autoconsumo é de **0,00000 EUR/kWh**

O preço de revenda após terminar o período de compensação é de **0,05000 EUR/kWh.**

ANEXO F – Tabela de coeficiente de perdas dos acessórios – K_i



Valores de K , obtidos experimentalmente

PEÇAS QUE OCASIONAM A PERDA	K
Ampliação gradual	0,30
Bocais	2,75
Comporta aberta	2,50
Controlador de vazão	2,50
Cotovelo de 90°	0,90
Cotovelo de 45°	0,75
Crivo	0,40
Curva de 90°	0,40
Curva de 45°	0,20
Curva de 22,5°	0,10
Entrada normal em canalização	0,50
Entrada de borda	1,00
Pequena derivação	0,03
Junção	0,40
Medidor Venturi	2,50
Redução gradual	0,15
Registro de ângulo aberto	5,00
Registro de gaveta aberto	0,20
Registro de globo aberto	10,0
Tê, passagem direta	0,60
Tê, passagem de lado	1,30
Tê, saída de lado	1,30
Tê, saída bilateral	1,80
Válvula de pé	1,75
Válvula de retenção	2,50
Velocidade	1,00

ANEXO G - Plano de Manutenção Preventiva – Chiller e Circuito Hidráulico

PLANO DE MANUTENÇÃO DO CHILLER E CIRCUITO HIDRAULICO					
ATIVIDADE	PREODICIDADE				
	Mensal	Trimestral	Quadrimestral	Semestral	Anual
Inspecionar visualmente o funcionamento geral do equipamento	X	X			
Verificação o funcionamento de todos os equipamentos de controle e segurança.	X				
Verificação do aperto dos terminais elétricos no painel de controle elétrico e nas placas de terminais dos compressores. Os contatos móveis e fixos dos contatores devem ser limpos periodicamente e substituídos sempre que apresentarem sinais de deterioração.	X				
Verificação da carga de refrigerante através do visor de líquido.	X				
Verificação de fuga de óleo do compressor.	X				
Verificação de fugas de água ou mistura de água/glicol no circuito hidráulico.	X				
Se a unidade permanecer fora de serviço por muito tempo, drene a água das tubagens e do permutador de calor. Esta operação é necessária se a temperatura ambiente for inferior ao ponto de congelamento do fluido usado são esperados durante o tempo em que deve permanecer parado.				X	
Verificação do circuito de enchimento de água.	X				
Verificação do pressostato diferencial de água ou o interruptor de fluxo (se houver) está funcionando corretamente.	X				
Verificação das resistências do cárter dos compressores.	X				
Limpeza dos filtros metálicos do circuito hidráulico.	X				
Verificação do funcionamento das válvulas do circuito hidráulico.	X				
Limpeza das serpentinas de acordo com as instruções do fabricante.		X			
Limpeza dos filtros de ar.	X				
Limpeza dos filtros de ventilação do painel de controlo.	X				
Realização de teste de descongelação.	X				
Verificação do indicador de humidade no visor de líquido (verde = seco, amarelo = úmido). Se o indicador estiver não verde, conforme indicado no adesivo do visor, substitua o filtro.			X		
Verificação do estado, fixação e equilíbrio dos ventiladores.			X		
Verificação de ruídos anormais emitido pela unidade.			X		
Teste para verificar o funcionamento correto do sensor de detecção de fuga de refrigerante e sua cadeia de segurança downline conectado.					X
Calibração do sensor do detector de fugas de refrigerante.					em cada 3 anos
Substituição do sensor do detector de fugas de refrigerante.					em cada 5/6 anos

ANEXO H - Plano de Manutenção Preventiva – Posto de Transformação das Escolas

PLANO DE MANUTENÇÃO DO POSTO DE TRANSFORMAÇÃO				
ATIVIDADE	PREODICIDADE			
	Mensal	Trimestral	Semestral	Anual
Inspecionar visualmente o funcionamento geral do equipamento	X			
Verificar existência e estado da lanterna eléctrica recarregável	X			
Verificar existência e estado das placas sinalizadoras de perigo de morte (portas do PT, quadros eléctricos, celas de média tensão, etc.)	X			
Verificar existência e estado do quadro dos 1º socorros	X			
Verificar a existência e adequação de esquema unifilar, dentro de uma bolsa, e em bom estado de conservação.	X			
Verificar estado aparente, dos aparelhos de corte e de protecção	X			
Verificar existência e estado da chave de manobra do Quadro de Média Tensão.	X			
Inspeção do estado de cela		X		
Verificação do estado aparente, dos aparelhos de corte e de protecção		X		
Verificação do estado de conservação dos equipamentos de iluminação normal e de emergência		X		
Verificação dos sinalizadores de presença de tensão		X		
Verificação do estado de conservação dos isolamentos dos condutores e cabos		X		
Verificação do estado de conservação dos equipamentos de utilização		X		
Verificação do estado de conservação do aparelhos de corte e comando		X		
Medição do fator de potência da instalação			X	
Medição das tensões simples e compostas			X	
Verificação do estado de conservação dos eletrodos de terra			X	
Verificação de continuidade e das ligações das massas à terra			X	
Verificação de fugas de óleo do transformador				X
Verificação do funcionamento dos dispositivos de alarme				X
Verificação das proteções contra contactos indirectos				X
Verificação das proteções contra sobretensões				X
Medição da resistência de terra de protecção				X
Medição da resistência da terra de serviço				X
Medição da Resistência de isolamento				X
Medição da impedância do circuíto de defeito				X
Verificação do painel de Instruções de primeiros socorros				X
Verificação do estado de conservação dos acessórios regulamentares (Tapete, Luvas e lanterna)	X			
Manutenção e verificação de encravamentos mecânicos				X
Quadro de MT				
Compartimento de barramento e de cabos:				
Verificação e realização de reaperto				X
Realização de limpeza				X
Compartimento de disjuntor				
Inspeção, verificação e lubrificação de encravamentos mecânicos				X
Inspeção, verificação e lubrificação do disjuntor				X
Limpeza do transformador de potência				X
Limpeza geral da sala técnica				X
Termografia durante o periodo de maior carga				X