



Relatório de Estágio

Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Energia e Automação

Requalificação de uma Instalação Elétrica Industrial

Micael Simões Caetano

Leiria, Setembro de 2016



Relatório de Estágio

Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Energia e Automação

Requalificação de uma Instalação Elétrica Industrial

Micael Simões Caetano

Relatório de Estágio de Mestrado realizada sob a orientação do Doutor Pedro Marques, Professor Adjunto da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria.

Leiria, Setembro de 2016

Aos meus pais e irmão ...

Agradecimentos

Gostaria de agradecer de uma forma muito sincera a todos aqueles que ao longo do meu percurso académico deram de alguma forma a sua contribuição para que conseguisse alcançar o sucesso desejado.

À minha família, em especial aos meus pais e irmão, por me darem todo o apoio e por me incentivarem a seguir a minha formação académica. Apenas uma palavra “Obrigado”.

Aos verdadeiros amigos que encontrei em Leiria, que desde o primeiro dia, me fizeram sentir integrado no ambiente académico e me ajudaram de uma forma incondicional em todo o meu percurso, desde a licenciatura ao mestrado.

A todos os meus amigos, que não estando diretamente envolvidos com a minha vida académica, foram, de alguma forma, importantes para que conseguisse ter o equilíbrio necessário para enfrentar as dificuldades que foram surgindo no meu caminho.

A todos os professores, sem exceção, que fizeram parte de todo o meu caminho académico mostrando-se sempre disponíveis para me ensinar e apoiar, em especial ao meu orientador de estágio, professor Pedro Marques, pelo rigor da sua orientação, apoio, disponibilidade, incentivo e esclarecimento de dúvidas, sempre que solicitado.

Aos meus “chefes” na empresa Schaeffler Portugal S.A., Eng. Fábio Carvalho e o Sr. Hélder Costa, pela paciência, apoio, por todos os dias me ensinarem novos aspetos acerca do mercado de trabalho e quero agradecer também á administração da empresa pela possibilidade de efetuar nas suas instalações o meu estágio. Aos colegas de trabalho da empresa, pelas alegrias divididas, pelo apoio nos momentos de tristeza e desânimo e pelos conselhos nos momentos de trabalho.

Por fim e não menos importante, a Deus, por me amparar nos momentos difíceis e me dar força para superar as dificuldades.

Resumo

Pretende-se com este documento, realizado no âmbito do estágio do mestrado em Engenharia Eletrotécnica da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria, apresentar uma metodologia para processos de requalificação de instalações elétricas industriais, demonstrando a sua viabilidade através de um caso prático de estudo, a Schaeffler Portugal S.A.

São enunciadas quais as normas e regulamentos em vigor para este tipo de instalações elétricas industriais, de forma a perceber-se qual a legislação a que as mesmas devem obedecer. Também os riscos, para pessoas e bens, associados a uma instalação elétrica defeituosa são expostos. Os vários tipos de manutenção a realizar numa instalação elétrica de forma a minimiza-los também serão apresentados.

Será abordada uma instalação elétrica de uma forma geral para que se perceba quais os seus constituintes e onde irá incidir o processo de requalificação, desde o Posto de Transformação aos recetores finais. Percebendo a instalação elétrica e os seus constituintes será definido o procedimento de trabalho para a requalificação de instalações elétricas industriais.

Por último e de acordo com a metodologia definida neste documento será apresentada a requalificação do edifício 2 do complexo fabril da Schaeffler Portugal S.A., localizado em Torneira, Caldas da Rainha, sendo indicado de uma forma geral as diversas etapas realizadas.

Palavras-chave: Requalificação, instalações, elétricas, legislação, manutenção, procedimento.

Abstract

Pretends with this document, realized in the ambit of the internship of the master degree in Electrical Engineer from the Higher School of Technology and Management of the Polytechnic Institute of Leiria, introduce a methodology for requalification process of industrial electrical installations, demonstrating their viability through a case practical study, the Schaeffler Portugal SA.

Are enunciated which rules and regulations in effect for this type of industrial electrical installations in order to realize what is the legislation that they must obey. Also the risks to people and property, associated with a defective electrical installation are exposed. The various types of maintenance of an electrical installation to minimize them will also be presented.

Will be explained an electrical installation in a general way to realize what their constituents and where will focus the requalification process, from the transformer station to the final receivers. Realizing the electrical installation and its constituents will be defined the working methodology for the requalification of industrial electrical installations.

Finally, and in accordance with the methodology set out in this document will be presented the requalification of building 2 of the industrial complex of the Schaeffler Portugal S.A., located in Torneira, Caldas da Rainha, being indicated in a general way the various steps taken.

Keywords: requalification, installation, electrical, regulations, maintenance, methodology

Índice

LISTA DE FIGURAS	XIII
LISTA DE TABELAS	XV
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Objetivo	2
1.2 Atividades Desenvolvidas Durante o Estágio	2
1.3 Caracterização da Empresa – Schaeffler Portugal S.A.	3
1.4 Estrutura do Documento	4
2. ESTADO DA ARTE	7
2.1 Instalações Elétricas Industriais em Portugal	7
2.2 Enquadramento Regulamentar	7
2.2.1 Regulamento de Segurança de Subestações e Postos de Transformação e Seccionamento	8
2.2.2 Regras Técnicas de Instalações Elétricas de Baixa Tensão	9
2.3 Riscos Associados á Utilização de Energia Elétrica	10
2.2.1 Choque Elétrico	11
2.2.2 Risco de Incêndio	14
2.4 Perturbações Com Origem em Instalações Elétricas	15
2.4.1 Interrupção de Energia Elétrica	15
2.4.2 Distorção Harmónica	15
2.4.3 Cava de Tensão	17
2.5 Isolamento e Classes de Proteção Contra Choques Elétricos	17
2.6 Influências Externas e Graus de Proteção	19

2.7	Manutenção e Tipos de Manutenção	21
2.7.1	Manutenção Preventiva Sistemática	22
2.7.2	Manutenção Preventiva Condicionada	23
2.7.1	Manutenção Curativa	23
2.8	Esquemas de Ligação à Terra	23
2.8.1	Esquema de Ligação à Terra TT	24
2.8.2	Esquema de Ligação à Terra TN	25
2.8.3	Esquema de Ligação à Terra IT	28
3.	PROCEDIMENTOS PARA REQUALIFICAÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS INDUSTRIAIS	31
3.1	Instalação Elétrica Industrial	31
3.1.1	Postos de Transformação	31
3.1.2	Quadros Elétricos	34
3.1.3	Canalizações Elétricas	36
3.1.4	Recetores Elétricos	37
3.2	Levantamento da Instalação elétrica industrial	38
3.2.1	Levantamento Postos de Transformação	41
3.2.2	Levantamento de Quadros Elétricos e Canalizações Elétricas	42
3.2.3	Levantamento dos Recetores Elétricos	44
3.3	Análise e Tratamento dos Dados Recolhidos	45
3.3.1	Verificação do Dimensionamento de Canalizações	46
4.	CASO DE ESTUDO – REQUALIFICAÇÃO DA INSTALAÇÃO ELÉTRICA DO EDIFÍCIO 2 DA SCHAEFFLER PORTUGAL S.A.	49
4.1	Introdução ao Caso de Estudo - Edifício 2 da Schaeffler Portugal S.A.	49
4.2	Introdução à Instalação Elétrica do Edifício 2 da Schaeffler Portugal S.A.	51
4.2.1	Alimentação da Instalação Elétrica do Edifício 2	51
4.2.2	Posto de Transformação do Edifício 2, PT2	52
4.2.3	Quadro Geral de Baixa Tensão e Quadros Parciais do Edifício 2	52
4.2.4	Canalizações Elétricas do Edifício 2	54
4.2.5	Recetores Elétricos Existentes no Edifício 2	54
4.3	Análise dos Dados Recolhidos no Levantamento da Instalação Elétrica do Edifício 2	55

Índice - Requalificação de uma Instalação Elétrica Industrial

4.3.1	Análise dos Dados Recolhidos na Inspeção Visual	55
4.3.2	Verificação do Dimensionamento das Canalizações Elétricas Existentes	60
4.3.3	Verificação da Instalação Através de Ensaios	61
4.3.4	Conclusões do Caso de Estudo	61
5.	CONCLUSÕES	63
	BIBLIOGRAFIA	65
	ANEXOS	67
	ANEXO A	69
	ANEXO B	73
	ANEXO C	77
	ANEXO D	81

Lista de figuras

Figura 1.1 - Fábrica de Rolamentos das Caldas, Schaeffler Portugal S.A.....	3
Figura 2.1 - Efeitos da corrente alternada (15-100Hz) em humanos.	12
Figura 2.2 - Contacto Direto.	13
Figura 2.3 - Contacto Indireto.	13
Figura 2.4 - Onda resultante de distorção harmónica.	16
Figura 2.5 - Cava de Tensão	17
Figura 2.6 - Codificação das influências externas.	19
Figura 2.7 - Custos associados á manutenção.	22
Figura 2.8 - Tipos de manutenção.	22
Figura 2.9 - Esquema de Ligação à Terra TT.	25
Figura 2.10 - Esquema de Ligação à Terra TN-C.	26
Figura 2.11 - Esquema de Ligação à Terra TN-S.	27
Figura 2.12 - Esquema de Ligação à Terra TN-C-S.	27
Figura 2.13 - Esquema de Ligação à Terra IT.	28
Figura 3.1 - Transformador.	31
Figura 3.2 - Interruptor.	32
Figura 3.3 - Seccionador.	32
Figura 3.4 - Disjuntor de SF6.	33
Figura 3.5 - Fusíveis corta-circuitos.	33
Figura 3.6 - Interior de um Quadro Elétrico.	35
Figura 4.1 - Principais áreas técnicas da nave fabril do edifício 2.	50
Figura 4.2 - Ligação elétrica entre edifícios da Schaeffler Portugal S.A.	51
Figura 4.3 - QGBT do edifício 2 da Schaeffler Portugal S.A.	52
Figura 4.4 - Quadros elétricos existentes no Piso 0 e piso 1 do edifício 2	53
Figura 4.5 - Quadros elétricos existentes no piso -1 do edifício 2.	53
Figura 4.6 - Caminhos de cabos em esteira e "CANALIS"	54
Figura 4.7 - Correção da não conformidade de falta de identificação do PT2.	55
Figura 4.8 - Correção de identificações incompletas e/ou incorretas de quadros.	56
Figura 4.9 - Correção de identificações incompletas nas saídas dos quadros.	56
Figura 4.10 - Correção da falta de identificação nas "CANALIS"	56

Figura 4.11 - Colocação de barreira isolante, auto extingüível, para proteçãoCD	57
Figura 4.12 - Colocação de encravamento mecânico, para proteção contra CD	57
Figura 4.13 - Elaboração de novas ligações equipotenciais.....	57
Figura 4.14 - Substituição de QE sem proteção–diferencial.....	58
Figura 4.15 - Elementos estranhos ao quadro Elétrico presentes no seu interior	58
Figura 4.16 - Terras distintas no PT2.....	59
Figura 4.17 - Barramento de terra única no PT2.....	59
Figura 4.18 - Tomada trifásica solta da parede	59
Figura 4.19 - Equipamento de testes Chauvin Arnoux 6030	61

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Índices de proteção IP.....	20
Tabela 2 - Índices de proteção contra impactos mecânicos IK.....	21

1. Introdução

Desde a revolução industrial, as indústrias têm desempenhado um papel de extrema importância na modernização e evolução da sociedade, bem como na rapidez com que essa evolução acontece.

Nos dias de hoje, a esmagadora maioria dos seres humanos não dispensa os produtos que as indústrias lhes oferecem. Veículos, computadores, roupas são apenas alguns entre uma infinidade de produtos cada vez mais indispensáveis e que sem o sector industrial não existiriam ou, a existirem, a sua evolução seria a de á décadas atrás e a sua produção nunca seria em quantidade necessária para suprimir as necessidades de toda a população, diminuindo assim, de uma forma drástica, a qualidade de vida a que estamos acostumados.

De forma a responder às necessidades cada vez mais insaciáveis da vida moderna, as indústrias operam no máximo das suas capacidades. Com máquinas e a mão-de-obra a trabalhar no limite das suas capacidades, o risco de existirem avarias e/ou falhas aumenta exponencialmente. Sendo a produção o objetivo primordial da indústria, muitas vezes após a ocorrência destes fenómenos, não lhes é dada a devida atenção, já que são responsáveis pela paragem da produção. Nas indústrias sem produção não há lucro, por isso, as avarias e/ou falhas, numa alarmante quantidade, são reparadas da forma mais rápida e simples, não sendo na maior parte dos casos, a forma mais correta e segura de o fazer, mas sim, a forma que permite a uma paragem mais curta por parte da produção.

Uma peça fulcral numa indústria é a sua instalação elétrica. Qualquer tipo de instalação elétrica, industrial ou não, tem por objetivo o transporte de energia elétrica aos locais de consumo. Podemos dizer, sem arriscar dize-lo, que a energia elétrica está presente em todos os sectores e é responsável por mover o mundo e a humanidade desde a mais simples tarefa de iluminar as nossas casas, até às mais complexas e exigentes, como um processo industrial. Porém, apesar de todos os benefícios incontestáveis da energia elétrica esta requer cuidados especiais para o seu bom funcionamento.

É nas instalações elétricas industriais que esses cuidados são mais vezes esquecidos, onde a segurança e proteção de pessoas e bens é muitas vezes renegada para segundo plano face às necessidades de produção. Equipamentos inadequados e danificados, medidas de proteção insuficientes, esquemas desatualizados são apenas algumas das não conformidades encontradas em muitas indústrias. As não conformidades são o reflexo do acumular de situações de má utilização, desrespeito pelas normas e também do próprio desgaste dos equipamentos e dispositivos que caso não sejam devidamente analisadas e corrigidas levam a um aumento do risco inerente a qualquer instalação elétrica tanto para pessoas e bens como para a continuidade de serviço.

Para, que os riscos associados a uma instalação elétrica, sejam mínimos, é necessário regulamentar e verificar as instalações elétricas desde o projeto até à exploração da instalação. É sobre as não conformidades que se verificam durante a fase de exploração da instalação que este documento irá incidir.

1.1 Objetivo

Este documento, sendo parte integrante dos requisitos para obtenção do grau mestre, tem como objetivo principal aprofundar o conhecimento na área de especialização de Energia, no âmbito do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica, ramo de Energia e Automação, ministrado pela Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria.

Com este documento, pretende-se demonstrar através de um caso prático de estudo, a Schaeffler Portugal S.A., como abordar uma instalação elétrica industrial que se encontre em estado de não conformidade, mostrando quais os pontos críticos da instalação elétrica, como verificar o seu estado de conformidade e apresentar para as várias não conformidades as devidas correções a executar para que a instalação se possa considerar conforme.

1.2 Atividades Desenvolvidas Durante o Estágio

Durante o estágio na empresa foram várias as tarefas realizadas, sendo a maior parte do tempo dedicado à requalificação da instalação elétrica existente. Algumas das tarefas realizadas foram:

- Estudo análise e compreensão da legislação em vigor para instalações elétricas industriais.
- Levantamento da instalação elétrica existente;
- Identificação de não conformidades;
- Definição de estratégias de correção de não conformidades;
- Correção prática de não conformidades;
- Dimensionamento de quadros elétricos e canalizações;
- Elaboração de *layout* atual da instalação elétrica;
- Utilização de varias ferramentas de *software*, nomeadamente *Microsoft Word*, *Microsoft Excel* e *Autocad*;
- Apoio nas atividades diárias do departamento de manutenção.

1.3 Caracterização da Empresa – Schaeffler Portugal S.A.

Desde 1960 a operar no mercado dos rolamentos, a Fábrica de Rolamentos das Caldas – FRC (Figura 1.1), como é conhecida dentro do grupo Schaeffler, tem vindo a consolidar a sua presença neste sector e evidencia uma evolução crescente posicionando-se como um motor de desenvolvimento da economia regional.



Figura 1.1 - Fábrica de Rolamentos das Caldas, Schaeffler Portugal S.A.

Tendo sido fundada inicialmente como ROL, Rolamentos Portugueses, dedicada ao fabrico de rolamentos e moldes, foi, passados seis anos da sua fundação, adquirida pela multinacional alemã FAG, reforçando a sua produção de rolamentos.

Em 2002, foi criado oficialmente o grupo Schaeffler após aquisição da FAG pela INA Holding, que passava assim a concentrar as três marcas principais do grupo, a INA, a Luk e a FAG, angariando assim as últimas ações da ROL que ainda pertenciam a acionistas portugueses. Após este período, iniciava-se assim o arranque de um projeto de reestruturação da produção e inovação do equipamento produtivo, permitindo o aumento da produção para os 300 mil rolamentos diários produzidos atualmente pelos 526 colaboradores da empresa.

Desde a sua fundação o complexo fabril tem vindo a sofrer algumas alterações, nomeadamente a expansão do edifício existente em 1966 e a construção de um novo edifício em 1982, tendo atualmente uma área coberta de 17 mil metros quadrados dividida por dois edifícios principais, implantados numa área total de 72 mil metros quadrados.

O complexo fabril é dotado de dois postos de transformação, um em cada edifício principal, com uma potência combinada de 5MVA, responsáveis por abastecer todo o complexo fabril e transformar os 30kV da linha de entrada em baixa tensão utilizada nos circuitos terminais da fábrica. A instalação elétrica do complexo fabril apesar de ter duas fases de construção tem como base, na totalidade da instalação, o esquema de ligação á terra TN, (Terra Neutro), em que o neutro está diretamente ligado á terra e as massas instaladas são ligadas a esse ponto por meio de condutores de proteção como será visto mais á frente.

1.4 Estrutura do Documento

Este documento é composto por seis capítulos, incluindo o atual, de *Introdução*, e está organizado da seguinte forma:

O capítulo 2, *Estado da Arte*, introduz de uma forma geral as instalações elétricas industriais em Portugal bem como a legislação própria deste tipo de instalações. Apresenta, de forma a consciencializar para a segurança na presença de instalações elétricas, os riscos a si associados bem como algumas perturbações que afetam o seu funcionamento. Introduz também os tipos de isolamento e as classes de proteção para os diversos dispositivos e equipamentos existentes numa instalação elétrica. Por fim introduz o conceito de manutenção, fazendo uma comparação entre a manutenção preventiva e corretiva.

No capítulo 3, *Procedimentos para Requalificação de Instalações Elétricas Industriais*, irá ser descrito, de uma maneira geral, o procedimento necessário para a

requalificação de uma instalação elétrica industrial, desde o levantamento, mostrando quais os pontos essenciais a ter em atenção, até ao tratamento dos dados informações recolhidas de forma a se definirem estratégias para a elaboração da requalificação prática da instalação elétrica existente.

No capítulo 4, *caso de estudo*, será apresentada a instalação elétrica do edifício 2 da Schaeffler Portugal S.A., desde as suas características gerais até á comparação entre o “antes” e o “depois” da requalificação da sua instalação elétrica.

O último capítulo será o 5, de *Conclusões*, onde são apresentadas as conclusões retiradas durante a elaboração deste documento.

2. Estado da Arte

2.1 Instalações Elétricas Industriais em Portugal

Uma instalação elétrica é o conjunto de equipamentos elétricos associados com vista a uma dada aplicação e possuindo características coordenadas. [1] É formada pelos componentes elétricos que permitem ou podem permitir a passagem de corrente elétrica (fios condutores, fusíveis, disjuntores, ligadores, etc.), como também, pelos componentes que não permitindo a passagem de corrente elétrica são essenciais ao seu funcionamento (isoladores, suportes, tubos, etc.). [2]

Em Portugal, de uma forma geral, as instalações elétricas industriais são classificadas como sendo instalações do “Tipo B”, ou seja, são alimentadas por instalações de serviço público em média, alta ou muito alta tensão.

Sendo as indústrias abastecidas pela rede de distribuição nacional em média tensão (30/15/10kV) ou alta tensão (60kV) necessitam de recorrer a transformadores de potência particulares para reduzirem o nível de tensão a que são abastecidas para a Baixa Tensão (BT) utilizada nos seus equipamentos e circuitos finais (0,23/0,4kV).

É nos Postos de Transformação, onde estão instalados os transformadores responsáveis por reduzir a tensão da linha de abastecimento para a tensão utilizada nos equipamentos industriais, que se encontra o início da instalação elétrica industrial, mais propriamente, nos ligadores do quadro de entrada. [1]

2.2 Enquadramento Regulamentar

A minimização dos riscos associados á energia elétrica e o seu bom funcionamento são o principal objetivo da regulamentação das instalações elétricas. A visível evolução associada ao uso de energia elétrica, tanto a nível técnico, tecnológico e conceptual, como a nível da alteração dos hábitos associados ao consumo de energia elétrica, leva a que a regulamentação não seja estática, adaptando-se de forma a corresponder à realidade do momento.

Em Portugal, o cumprimento do quadro legal existente relativamente às instalações elétricas é assegurado pela Associação Nacional Inspectora de Instalações Elétricas, função atribuída à Certiel, tornando-se a entidade gestora do processo de certificação, sob a orientação da Direção Geral de Energia e Geologia. Além da ANIIE, existem ainda outras entidades com competências sobretudo técnicas, de inspeção do cumprimento dos regulamentos de segurança, das regras técnicas e das normas relativas á qualidade dos materiais e equipamentos denominadas de Entidades Inspetoras de Instalações Elétricas, sendo o Instituto Eletrotécnico Português, o Laboratório Industrial da Qualidade e o Instituto de Soldadura e Qualidade as existentes em Portugal continental.[3]

Face às características gerais das instalações elétricas existentes nas indústrias portuguesas, existem dois documentos de extrema importância para o bom funcionamento e a manutenção da segurança no uso de energia elétrica, sendo:

- RSSPTS - Regulamento de Segurança de Subestações e Postos de Transformação e Seccionamento (Decreto-Lei n.º42895, de 31/03/60, alterado pelo Dec. Regulamentar n.º 14/77, de 18 de Fevereiro);
- RTIEBT - Regras Técnicas de Instalações Elétricas de Baixa Tensão (Decreto-Lei 226/2005, 28 de Dezembro e Portaria N° 949-A/2006, de 11 de Setembro).

Além destes dois regulamentos de conhecida importância para as instalações elétricas industriais, existem outros regulamentos, normas e guias técnicos que devem ser tidos em conta, tais como:

- RSRDEEBT – Regulamento de Segurança de Redes de Distribuição de Energia Elétrica em Baixa Tensão (Decreto-Lei 67/2011, 21 de Dezembro);
- Norma CEI 529:1989-1 – Índices de proteção dos invólucros dos equipamentos e materiais elétricos;
- Norma EN 50110-1:1996 – Trabalhos em instalações elétricas;
- Norma NP EN 50 160:2001 – Características da tensão fornecida pelas redes de distribuição pública de energia elétrica.

2.2.1 Regulamento de Segurança de Subestações e Postos de Transformação e Seccionamento

O transporte de energia elétrica entre as grandes centrais produtoras de energia elétrica e as indústrias efetua-se em níveis de tensão superior á tensão utilizada nas

indústrias de forma a tornar o seu transporte mais eficiente. Contudo, é necessário transformar o nível de tensão de entrada no nível de tensão utilizado na indústria.

A transformação do nível de tensão de entrada no nível de tensão utilizado nas indústrias ocorre nos Postos de Transformação particulares assumindo assim este regulamento relevância para a instalação elétrica industrial.

Com a finalidade de garantir uma perfeita segurança de exploração e da vida humana, foi publicado este regulamento, cujo objetivo foi fixar as condições técnicas a que devem obedecer o estabelecimento e a exploração das subestações e postos de transformação e de seccionamento, com vista à proteção de pessoas e coisas e à salvaguarda dos interesses coletivos. [4]

2.2.2 Regras Técnicas de Instalações Elétricas de Baixa Tensão

Devido á constante evolução do estado da arte, o aparecimento de novos conceitos, tecnologias e métodos de abordagem às instalações elétricas, foi necessário atualizar a legislação existente em Portugal, acerca de instalações elétricas de baixa tensão, definindo assim um novo conjunto de normas de instalação e de segurança a observar nas instalações elétricas em baixa tensão, ajustadas á realidade e às necessidades atuais.

Na elaboração destas regras técnicas, além dos regulamentos que existiam para o efeito em Portugal, como o RSIUEE - Regulamento de Segurança de Instalações de Utilização de Energia Elétrica e o RSICEE - Regulamento de Segurança de Instalações Coletivas de Edifícios e de Entradas, ambos a vigorar desde 1974, foram ainda considerados vários documentos de harmonização relevantes do CENELEC e do IEC, bem como termos contidos no VEI.[5]

Compilando assim a informação de várias entidades, quer nacionais quer internacionais, o RTIEBT têm como objetivo primordial indicar as regras para o projeto e para a execução das instalações elétricas de forma a garantir, satisfatoriamente, o seu funcionamento e segurança tendo em conta a utilização prevista para as instalações de energia elétrica em baixa tensão, tal como são as instalações elétricas industriais. [1]

O RTIEBT veio alterar de uma forma muito significativa a realidade das instalações elétrica de baixa tensão em Portugal, tendo sido muitos os aspetos alterados e/ou reformulados face a regulamentação anterior, tais como a classificação dos locais das instalações, as correntes admissíveis nos condutores, as secções mínimas, os coeficientes de simultaneidade, entre outros.

A proteção, indicada no RTIEBT, para garantir a segurança das instalações elétricas, visa os seguintes aspetos principais:

- Proteção contra choques elétricos;
- Proteção contra efeitos térmicos;
- Proteção contra sobreintensidades;
- Proteção contra correntes de defeito;
- Proteção contra sobretensões.

Com a entrada em vigor do RTIEBT surgiu um novo enquadramento das instalações elétricas de baixa tensão, no entanto, relativamente as instalações já existentes, projetadas e executadas ao acordo da anterior regulamentação, o RTIEBT nada impõe, sendo que essas instalações poderão não garantir de forma satisfatória, durante o seu funcionamento, os níveis de segurança exigidos, tendo em conta a utilização prevista.

Desta forma, é importante requalificar de forma ponderada as instalações elétricas projetadas e executadas ao abrigo de legislações anteriores no sentido de garantir nas mesmas, níveis de segurança idênticos aos garantidos nas instalações mais recentes.

2.3 Riscos Associados á Utilização de Energia Elétrica

A crescente qualidade dos equipamentos, a alteração de normas e a formação adequada de técnicos fazem o uso de energia elétrica cada vez mais seguro. Contudo, é essencial estar consciencializado dos riscos associados á energia elétrica de forma a nunca menosprezar as normas e as medidas de segurança.

As centenas de quilómetros de cabos elétricos, a enorme quantidade de equipamentos e dispositivos, a utilização de tensões e correntes elevadas, entre outros aspetos, fazem das indústrias locais de risco acrescido devendo, por isso mesmo, serem alvo de uma atenção especial desde a fase de projeto até á sua conceção.

A segurança das pessoas deve ser a prioridade na construção da instalação elétrica industrial, assegurando o cumprimento de todas as normas e regulamentos na fase de projeto, a utilização de dispositivos, equipamentos e materiais certificados na sua conceção e já após a sua finalização, na fase de exploração, é necessário um conjunto de medidas que fazem mais segura a instalação elétrica, como por exemplo, planeamento de

manutenções, formações e instruções, entre outras, tendo sempre como objetivo primordial a redução dos riscos associados á utilização de energia elétrica.

A energia elétrica apresenta riscos cujas conseqüências podem causar danos pessoais, materiais ou ambos. Os danos pessoais são, normalmente, resultantes da passagem de corrente elétrica pelo corpo humano, choques elétricos. Os danos materiais são, normalmente, resultantes de incêndios e/ou explosões.

2.2.1 Choque Elétrico

O choque elétrico existe quando uma pessoa entra em contacto com duas superfícies que se encontram a diferentes potenciais, tornando-se o corpo humano no elemento condutor de corrente elétrica entre as duas superfícies. O choque elétrico é o efeito pato fisiológico que resulta da passagem da corrente elétrica através do corpo humano

O efeito da corrente elétrica no corpo humano depende de vários fatores, sendo os dois primeiros os de maior relevância:

- A intensidade da corrente elétrica;
- A duração do contacto;
- O tipo de corrente;
- O percurso ao atravessar o corpo humano;
- Resistência do corpo humano.

Do ponto de vista dos dois parâmetros principais a ter em conta na avaliação do risco para um ser humano de um choque elétrico, as normas definem as seguintes curvas tempo/corrente mostradas na Figura 2.1.

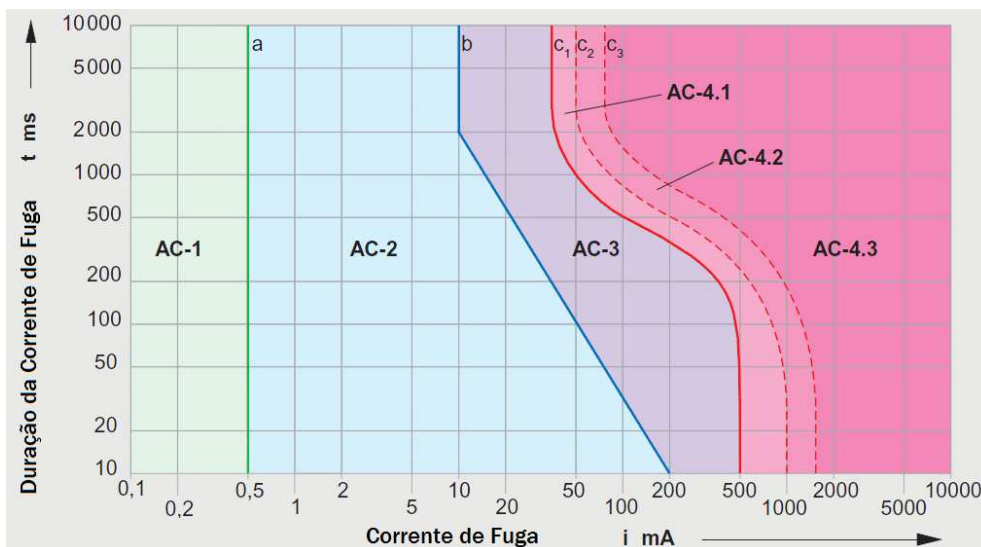


Figura 2.1 - Efeitos da corrente alternada (15-100Hz) em humanos.

Os efeitos fisiológicos verificados nas diferentes zonas devido á passagem de corrente elétrica no corpo humano são:

- **Zona AC-1:** Habitualmente não é observado nenhum tipo de reação.
- **Zona AC-2:** Habitualmente não são observados nenhum tipo de efeitos fisiológicos que provoquem danos.
- **Zona AC-3:** Habitualmente não são esperados danos de ordem orgânica. Há a possibilidade de ocorrência de contrações musculares e dificuldades respiratórias, bem como perturbações reversíveis ou formação e condução de impulsos elétricos no coração, incluindo fibrilação arterial e paragem cardíaca transitória sem fibrilação ventricular, aumentando os efeitos com a intensidade e duração da corrente elétrica.
- **Zona AC-4:** Aos efeitos da Zona AC – 3, deve ser adicionada a probabilidade de fibrilação ventricular aumentando até 5% (Curva C2), até aproximadamente 50% (Curva C3), e acima de 50% a partir da curva C3. Podem produzir-se efeitos patofisiológicos tais como paragem cardíaca, paragem respiratória e graves queimaduras, aumentando estes efeitos com a intensidade e duração da corrente elétrica. [6]

As situações suscetíveis de ocasionar choque elétrico devem-se fundamentalmente a dois tipos de contacto, diretos e indiretos.

2.3.1.1 Contactos Diretos

O contacto direto, representado na Figura 2.2, ocorre quando existe um contacto com uma parte ativa da instalação.



Figura 2.2 - Contacto Direto.

A proteção contra contactos diretos pode ser alcançada de várias formas:

- Isolamento das partes ativas da instalação;
- Afastamento das partes ativas;
- Utilização de barreiras e obstáculos que impeçam o contacto acidental;
- Utilização de tensões reduzidas de segurança;
- Utilização de dispositivos diferenciais de alta sensibilidade.

2.3.1.2 Contactos Indiretos

O contacto indireto, representado na Figura 2.3, ocorre quando uma pessoa ou animal entra em contacto com massas que se encontram sob tensão devido a um defeito.

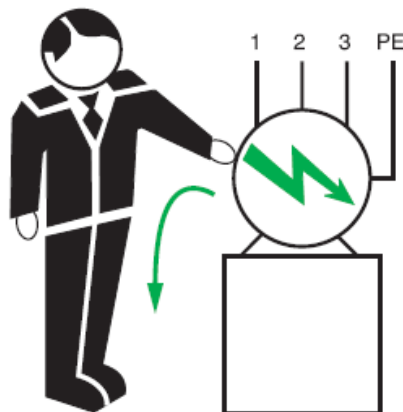


Figura 2.3 - Contacto Indireto.

A proteção contra contactos indiretos pode ser conseguida através de:

- Utilização de equipamentos com proteção de classe II;
- Utilização de tensões reduzidas de segurança;
- Ligações equipotenciais locais;
- Ligação das massas á terra;
- Utilização de dispositivos de corte automático da instalação.[7]

2.2.2 Risco de Incêndio

Apesar de ser uma peça vital no funcionamento das indústrias, as instalações elétricas são a mais comum fonte de ignição de incêndios e/ou explosões nos complexos industriais. Este tipo de ocorrências tem normalmente origem em sobreaquecimentos e em arcos elétricos.

Os sobreaquecimentos têm como principal causa as sobreintensidades, ou seja, correntes elétricas de valor excessivo. As sobreintensidades podem ser originadas por sobrecargas, maus apertos, curto-circuitos, insuficiente ventilação, dimensionamento incorreto, imperfeita conceção das instalações bem como em defeitos dos próprios equipamentos, tanto elétricos como mecânicos. Um exemplo de um defeito mecânico, que pode levar a um sobreaquecimento, é a falta de lubrificação de rolamentos de um motor aumentando assim o trabalho a ser realizado pelo mesmo.

A canalização elétrica é o ponto da instalação que se deve prestar mais atenção no que diz respeito a sobreaquecimentos visto existirem centenas de quilómetros de cabos numa instalação elétrica industrial de grandes dimensões, normalmente agrupados em locais confinados, dificultando a deteção de um incêndio no seu início, sendo apenas descoberto quando já tem uma dimensão considerável.

Os arcos elétricos podem ter origem em anomalias nos equipamentos, eletricidade estática e também em descargas atmosféricas. Um arco elétrico num ambiente inflamável poderá originar uma explosão.

O risco de incêndio/explosão deve ser alvo de grande cuidado devido às graves consequências materiais e pessoais que acarreta. Além das consequências diretas, muitas vezes, além do material danificado pelo próprio incêndio a ocorrência do mesmo implica uma paragem do processo industrial. [6]

2.4 Perturbações Com Origem em Instalações Elétricas

Os atuais sistemas de energia elétrica, pela sua interligação e capilaridade, constituem uma infra-estrutura partilhada, que apesar dos benefícios diretos para os utilizadores através da sua capacidade de recurso, tem como principal desvantagem um maior risco de propagação de perturbações originadas por incidentes em qualquer parte da rede. Estas perturbações com origem nas instalações elétricas, afetando a continuidade de serviço e a qualidade da energia elétrica têm origem, nomeadamente, em postos de transformação e em equipamentos de utilização de energia elétrica. De modo a uniformizar os parâmetros da qualidade de energia a norma NP EN 50 160 estabelece os critérios da qualidade de energia no ponto de entrega ao cliente. As principais perturbações são a seguir identificadas.

2.4.1 Interrupção de Energia Elétrica

Uma interrupção de energia elétrica define-se como sendo a ausência de fornecimento de energia elétrica a uma infra-estrutura de rede ou a instalação. Este fenómeno ocorre tipicamente na sequência de um defeito e consequente atuação da proteção elétrica existente para o efeito na instalação elétrica e/ou na rede de distribuição que o alimenta. Este tipo de fenómeno pode ocorrer também devido á interrupção acidental da linha de alimentação da instalação, como por exemplo a queda de uma árvore sobre a linha de alimentação.

Numa infra-estrutura tão dependente da energia elétrica como uma indústria, este tipo de fenómeno, têm uma acrescida importância visto impossibilitar a indústria de produzir, diminuindo assim a sua receita e pode também causar dano ao produto trazendo assim mais prejuízos.

As interrupções são classificadas de acordo com o seu tempo de duração:

- Interrupção de curta duração – duração inferior ou igual a 3 minutos;
- Interrupção de longa duração – duração superior a 3 minutos.

2.4.2 Distorção Harmónica

A distorção harmónica é por definição deformação da onda de tensão (ou de corrente) sinusoidal a frequência industrial provocada, designadamente, por cargas não lineares (ver Figura 2.4).

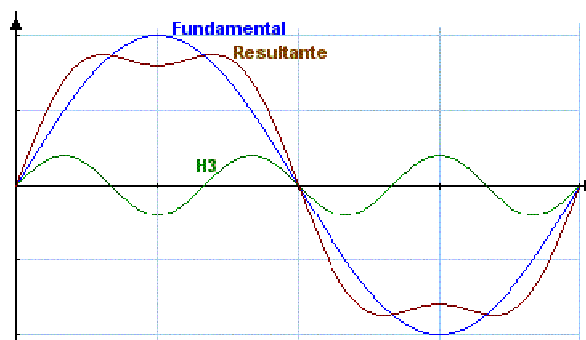


Figura 2.4 - Onda resultante de distorção harmônica.

A utilização em larga escala de componentes eletrônicos nos equipamentos de utilização de energia elétrica veio aumentar significativamente as cargas não lineares responsáveis pela distorção harmônica, como por exemplo, os retificadores estáticos, variadores eletrônicos de velocidade, fontes de alimentação comutadas, entre outros.

Devido à distorção harmônica verifica-se a redução da vida útil dos equipamentos, a diminuição da eficiência e o aumento da ocorrência de disparos intempestivos de proteções originando interrupções de energia. Os problemas derivados da distorção harmônica podem ser agrupados em dois grupos:

- Problemas com origem em distorções harmônicas de corrente:

A presença de harmônicas de corrente leva ao aparecimento de uma corrente no neutro muito superior ao esperado, podendo mesmo serem superior à corrente das fases. Em instalações com um esquema de ligação à terra TN o problema pode ter outras implicações pela circulação em regime permanente de correntes elevadas nos condutores de proteção, eliminando equipotencialidades e provocando aquecimentos inesperados. Em cabos longos, na presença deste tipo de harmônicas a queda de tensão na reactância pode assumir valores significativos.

- Problemas com origem em distorções harmônicas de tensão:

As harmônicas de tensão são responsáveis pela redução da eficiência e motores devido a originarem perdas suplementares devido as correntes de *Foucault*. Induzem também harmônicas de corrente no rotor produzindo binários pulsantes responsáveis por fazerem vibrar as máquinas. As harmônicas de tensão aumentam os erros de transmissão de dados reduzindo a velocidade de comunicação perturbando, assim, os sistemas de controlo de máquinas e equipamentos.

2.4.3 Cava de Tensão

Uma cava de tensão de alimentação consiste na diminuição brusca da tensão de alimentação para um valor situado entre 90% e 1% da tensão declarada, seguida do restabelecimento da tensão num intervalo de tempo entre 10 milissegundos e 1 minuto (Figura 2.5).

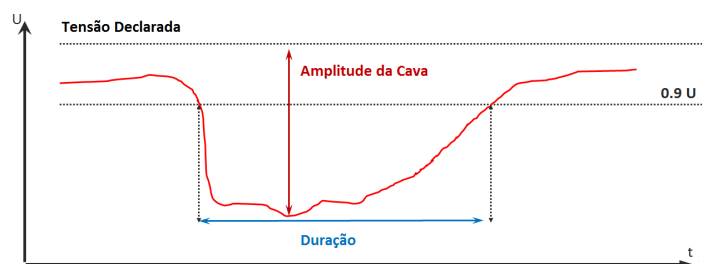


Figura 2.5 - Cava de Tensão

As cavas de tensão têm normalmente origem em defeitos, nas redes de distribuição ou nas instalações elétricas, como por exemplo, defeitos nas cablagens, avaria nos reguladores de tensão, curto-circuitos na própria instalação e defeitos nos isoladores na rede de distribuição, e a sua duração é correspondente ao tempo que o sistema elétrico está sujeito ao defeito. As cavas de tensão podem também ter origem no arranque de cargas de grande potência na instalação elétrica, associadas a um aumento brusco da corrente consumida.

A amplitude das cavas de tensão que atingem o equipamento sensível depende de vários fatores, como o nível de tensão em que ocorreu o defeito, o nível de tensão a partir do qual o equipamento sensível é alimentado entre outras. [8]

2.5 Isolamento e Classes de Proteção Contra Choques Elétricos

Os equipamentos elétricos utilizados nas instalações elétricas devem apresentar condições de segurança em conformidade com os regulamentos e normas em vigor. Os vários componentes elétricos são isolados, ou seja possuem isolamento, o que significa que não só protegem contra os choques elétricos, como também assegura o funcionamento adequado da instalação. São considerados os seguintes tipos de isolamento pelo RTIEBT:

- **Isolamento principal** - Isolamento das partes ativas cuja falha pode provocar um risco de choque elétrico;

- **Isolamento suplementar** - Isolamento independente, previsto para além do isolamento principal, com vista a garantir a proteção contra os choques elétricos em caso de falha do isolamento principal;
- **Duplo isolamento** - Isolamento constituído, simultaneamente, por um isolamento principal e por um isolamento suplementar;
- **Isolamento reforçado** - Isolamento das partes ativas que garante uma proteção contra os choques elétricos não inferior ao conferido por um duplo isolamento.

Os equipamentos elétricos são classificados quanto á sua proteção contra choques elétricos em várias classes, sendo:

- **Classe 0** - Equipamento em que a proteção contra os choques elétricos é garantida, apenas, pelo isolamento principal. Para os equipamentos da classe 0 não é prevista qualquer medida para a ligação das eventuais partes condutoras acessíveis a um condutor de proteção que faça parte das canalizações fixas da instalação. A proteção, em caso de defeito do isolamento principal, é garantida pelas características do local onde o equipamento se encontrar instalado;
- **Classe I** - Equipamento em que a proteção contra os choques elétricos não é garantida, apenas, pelo isolamento principal. Para os equipamentos da classe I é prevista uma medida de segurança complementar, por meio da ligação das partes condutoras acessíveis a um condutor de proteção ligado à terra e que faça parte das canalizações fixas, para que as partes condutoras acessíveis não possam tornar-se perigosas em caso de defeito do isolamento principal;
- **Classe II** - Equipamento em que a proteção contra os choques elétricos não é garantida, apenas, pelo isolamento principal. Para os equipamentos da classe II são previstas medidas complementares de segurança, tais como o duplo isolamento ou o isolamento reforçado. Estas medidas não incluem meios de ligação à terra de proteção e não dependem das condições de instalação;
- **Classe III** - Equipamento em que a proteção contra os choques elétricos é garantida por meio de uma alimentação à tensão reduzida de segurança (TRS) ou à tensão reduzida de proteção (TRP) e no qual não são originadas

tensões superiores às do limite do domínio I (≤ 50 V em AC ou ≤ 120 V em DC).

Caso o equipamento tenha partes com diferentes classes de isolamento, é a parte de menor classe de isolamento considerada a classe do equipamento. Os números relativos às classes servem apenas para indicar como a segurança é obtida e não para caracterizar o nível de segurança dos equipamentos, sendo a respetiva classe indicada pelo fabricante. [1]

2.6 Influências Externas e Graus de Proteção

A instalação não pode ser dissociada do ambiente em que se encontra. Esse ambiente, não sendo ideal, introduz riscos maiores ou menores à segurança das pessoas e ao desempenho dos componentes da instalação. Consequentemente, as condições do ambiente devem ser consideradas na definição das medidas para garantir segurança e das características exigíveis dos componentes, para que tenham um desempenho satisfatório. Essas condições constituem as chamadas “influências externas.”

A classificação dos locais de acordo com as suas influências externas está definida no RTIEBT segundo um código de duas letras e um algarismo onde a primeira letra define a categoria geral da influência externa, a segunda letra indica o tipo ou a natureza da influência externa e algarismo final que completa o código das influências externas é uma medida do grau de severidade com que um determinado tipo de influência externa existe ou se faz sentir, tal como indicado na Figura 2.6.







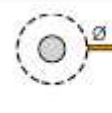

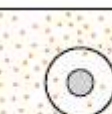



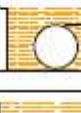

Codificação das influências externas				
Elementos constituintes do código	Significado de cada elemento	Categoria das influências		
		Ambiente	Utilização	Construção de edifícios
1ª Letra do código	Categoria Geral	A	B	C
2ª Letra do código	Natureza da influência	A até S (17 naturezas)	A até E (5 naturezas)	A e B (2 naturezas)
Número	Classe	1 a 8	1 a 5	1 a 4

Figura 2.6 - Codificação das influências externas.

Por exemplo, AA4 é um local de temperatura ambiente temperada (-5 °C a $+40$ °C), no entanto, esta classificação não é utilizada para a marcação dos equipamentos, mas sim os códigos IP e IK, código de proteção contra penetração de corpos sólidos e líquidos e o código de proteção contra ações mecânicas, respetivamente [1].

O código IP é estabelecido pela norma IEC 60529 e define o grau de proteção de um invólucro para material elétrico contra a penetração de corpos sólidos estranhos e contra líquidos com efeitos prejudiciais. A proteção contra a entrada de corpos sólidos estranhos também é usada como meio de especificar a proteção contra contactos acidentais com partes ativas. O código IP é definido por dois algarismos onde o primeiro define a proteção contra sólidos estranhos e o segundo define a proteção contra líquidos prejudiciais [9], tal como indicado na Tabela 1.

Tabela 1 - Índices de proteção IP.

1º algarismo: proteção contra corpos sólidos			2º algarismo: proteção contra água		
IP	testes		IP	testes	
0		Sem proteção	0		Sem proteção
1	 Ø 50 mm	Protegido contra a penetração de corpos sólidos de diâmetro superior a 50 mm (ex.: contactos involuntários da mão)	1		Protegido contra quedas verticais de gotas de água (condensação)
2	 Ø 12,5 mm	Protegido contra a penetração de corpos sólidos de diâmetro superior a 12,5 mm (ex.: dedo da mão)	2	 15°	Protegido contra quedas de água até 15° da vertical
3	 Ø 2,5 mm	Protegido contra a penetração de corpos sólidos de diâmetro superior a 2,5 mm (ex.: fios, ferramentas)	3	 60°	Protegido contra água da chuva até 60° da vertical
4	 Ø 1 mm	Protegido contra a penetração de corpos sólidos de diâmetro superior a 1 mm (ex.: fios de pequeno diâmetro, ferramentas finas)	4		Protegido contra a projeção de água de todas as direcções
5		Protegido contra a penetração de poeiras	5		Protegido contra jactos de água à lança de todas as direcções
6		Totalmente protegido contra a penetração de poeiras	6		Protegido contra projeções de água semelhantes a vaga de mar
			7	 1 m	Protegido contra os efeitos da imersão em água
			8	 15 cm	Protegido contra os efeitos de imersão prolongada em água sob pressão

O código IK é definido na norma IEC 62 262 e representa o grau de proteção, de um invólucro para equipamentos elétricos, contra impactos mecânicos em todas as suas faces de forma a proteger o seu conteúdo dos impactos externos [10], indicado na Tabela 2.

Tabela 2 - Índices de proteção contra impactos mecânicos IK.

IK	Energia de impacto Joule
00	0
01	0,14
02	0,20
03	0,35
04	0,50
05	0,70
06	1
07	2
08	5
09	10
10	20

2.7 Manutenção e Tipos de Manutenção

Os equipamentos e componentes elétricos de que constituem uma instalação elétrica podem, com o passar do tempo, devido a causas naturais, acidentais ou devido ao desgaste associado ao seu normal funcionamento verem as suas propriedades prejudicadas, sendo necessário, para o bom funcionamento da instalação, que sejam mantidos nas melhores condições possíveis.

Assim, todos os equipamentos e bens devem ao longo de toda a sua vida útil serem alvo de um conjunto de intervenções corretas e oportunas com o objetivo de manterem ou reporem a sua operacionalidade e rendimento nas melhores condições de qualidade, segurança, custo e disponibilidade.

Considerada uma tarefa secundária e dispendiosa, a manutenção é durante períodos de crise alvo de reduções fortes mas devido aos seus custos associados às suas intervenções passou a ser encarada como um fator determinante na economia das empresas, capaz de alterar radicalmente o seu nível de produtividade. Com base na Figura 2.7 é possível fazer uma comparação dos custos associados á manutenção e dos custos evitáveis com uma

eficaz manutenção, sendo bem visível a poupança económica que uma correta manutenção “oferece” às empresas.

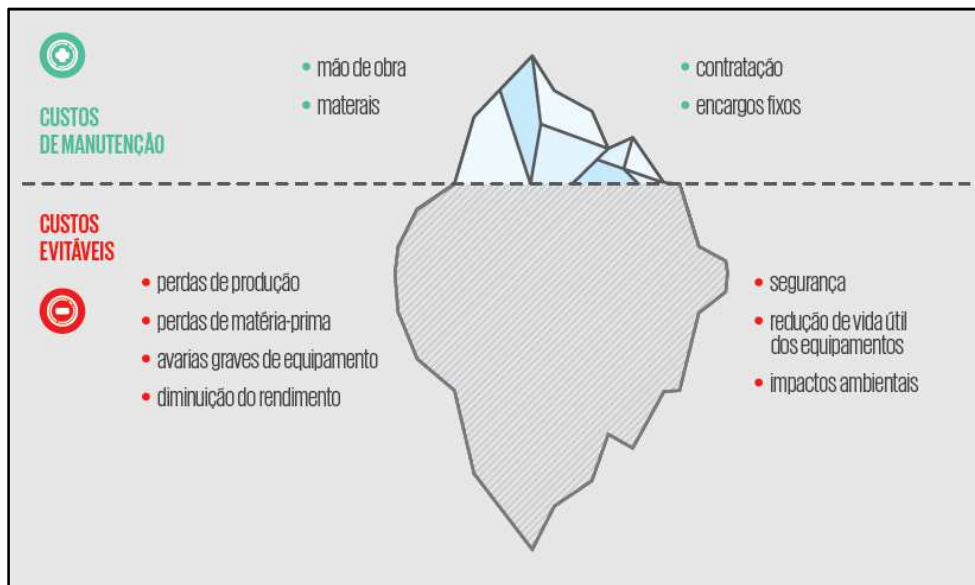


Figura 2.7 - Custos associados á manutenção.

De um modo geral a manutenção pode ser esquematizada da seguinte forma, Figura 2.8:

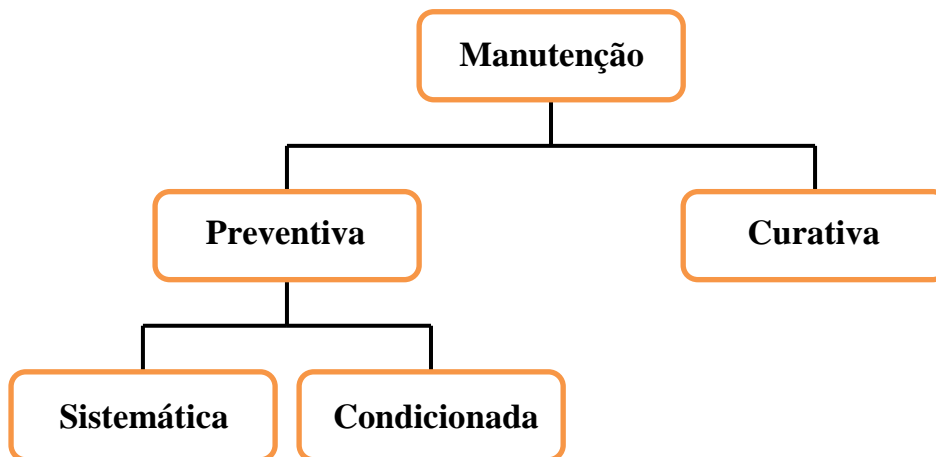


Figura 2.8 - Tipos de manutenção.

2.7.1 Manutenção Preventiva Sistemática

A manutenção preventiva sistemática é o tipo de manutenção que é realizado em intervalos de tempo definidos dentro da vida útil dos equipamentos. Exemplos de ações deste tipo de manutenção são as lubrificações em motores, verificações periódicas obrigatórias, substituição de peças de menor custo, entre outras. A grande vantagem deste tipo de manutenção é o facto de as paragens e as operações serem programadas de acordo com a produção.

2.7.2 Manutenção Preventiva Condicionada

Este tipo de manutenção é realizado conforme o estado dos componentes do equipamento. É realizada normalmente depois de um diagnóstico que revele o estado de degradação do equipamento e a necessidade de se realizar uma manutenção ao mesmo. Neste tipo de manutenção também tem a vantagem de as paragens serem de acordo com a produção e também o facto de só existir a ação de manutenção quando é mesmo necessária.

Alguns dos diagnósticos mais comuns para se apurar a necessidade de manutenção são análises de vibrações, Análises a óleos, inspeções visuais, análise de parâmetros de rendimento e termografias.

2.7.1 Manutenção Curativa

Na manutenção curativa as ações são realizadas apenas após a ocorrência de falhas com o objetivo de repor a condição técnica do equipamento. Neste tipo de manutenção ocorre uma paragem não programada da produção, o que provoca uma redução da produtividade da empresa e conseqüentemente uma perda económica visto que o tempo de interrupção não é recuperável. [11]

2.8 Esquemas de Ligação à Terra

Uma das medidas de proteção mais comuns contra choques elétricos consiste no “corte automático da instalação” onde a proteção contra a falha consegue-se através da implementação de esquema de ligação á terra. A escolha de um esquema de ligação á terra irá condiciona as medidas de proteção de pessoas contra contactos indiretos a implementar na instalação elétrica.

Um profundo conhecimento sobre os esquemas de ligação á terra é necessário para uma correta implementação e uma escolha acertada do esquema que mais se adequa á instalação.

Os esquemas existentes, em termos de segurança das pessoas, são equivalentes se todas as regras forem respeitadas. A escolha de um esquema de ligação em detrimento dos outros é suportada por várias condicionantes, tais como, a atividade que se desenvolverá no local da instalação, as características do local da instalação, características da rede de

alimentação, o tipo de recetores, o nível de manutenção exigido, a importância da continuidade de serviço e o investimento inicial da instalação.

De acordo com as normas, a posição do neutro e das massas determina o esquema de ligação à terra de uma instalação elétrica de baixa tensão. O esquema de ligação à terra é conhecido pela utilização de uma sigla constituída por duas a três letras.

A primeira letra indica a posição do neutro da alimentação em relação à terra:

- T** Terra. Um ponto da alimentação diretamente ligado à terra (terra de serviço);
- I** Isolado. Ligação com neutro isolado da terra ou impedante (ligado à terra com impedância de elevado valor);

A segunda letra indica a situação das massas da instalação elétrica em relação à terra:

- T** Terra. As massas ligadas diretamente à terra (terra de proteção);
- N** Neutro. Ligação das massas dos aparelhos de utilização ao neutro da alimentação por meio de um condutor separado (PE) ou condutor Neutro (PEN).

A terceira letra, utilizada no esquema TN, indica a forma da ligação das massas, utilizando a ligação da alimentação:

- S** Separado. A ligação das massas é feita por um condutor diferente (PE) do condutor neutro;
- C** Combinado. A ligação das massas é feita pelo próprio condutor de neutro (PEN).

Através da conjugação das letras acima são considerados, pelas normas, três tipos de esquemas principais: TT, TN e IT. O esquema a TN, pode ser dividido em três tipos de esquema, sendo: TN-C (considerado o TN puro), TN-S e o TN-C-S.

Cada tipo de esquema pode ser aplicado numa instalação na sua totalidade podendo também na mesma instalação coexistirem os vários tipos de esquemas.

2.8.1 Esquema de Ligação à Terra TT

Recomendado para instalações em que a fonte esteja distante da carga, este tipo de esquema de ligação à terra é o mais utilizado nas redes públicas de baixa tensão, caracteriza-se por um ponto da alimentação (normalmente, o ponto neutro do secundário de um transformador) estar diretamente ligado à terra e as massas da instalação estarem

também ligadas de uma forma direta á terra, sendo a terra de serviço (alimentação) independente da terra de proteção (massas), tal como representado na Figura 2.9.

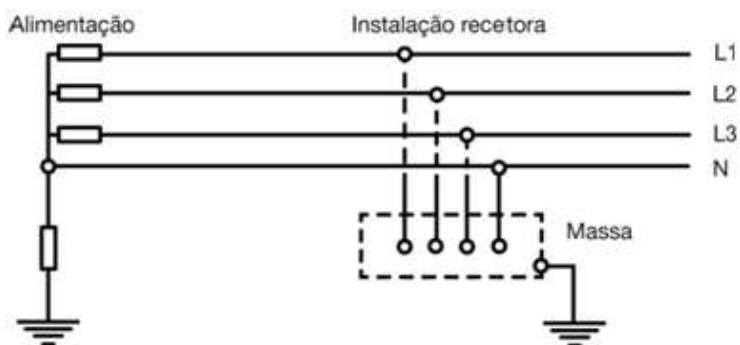


Figura 2.9 - Esquema de Ligação à Terra TT.

Neste esquema, caso exista um defeito entre uma fase e a massa de um componente ou equipamento, a corrente gerada por esse defeito irá passar na Terra e a elevada impedância desse circuito vai limitar a corrente de curto-circuito gerada. Desta forma, a corrente de curto-circuito depende da qualidade das terras, de proteção e de serviço, que se não forem boas, isto é, se as suas impedâncias não forem baixas, a proteção pode não atuar ou demorar demasiado tempo a atuar.

2.8.2 Esquema de Ligação à Terra TN

Neste tipo de esquema, um ponto da alimentação, normalmente, o neutro é ligado diretamente á terra e as massas dos componentes ou equipamentos são ligadas ao condutor de neutro. Desta forma, no caso de qualquer defeito fase-massa ele torna-se um defeito fase-neutro em que o percurso da corrente de curto-circuito gerada é constituído apenas por elementos condutores tendo por isso uma impedância suficientemente baixa, podendo a proteção contra contactos indiretos ser assegurada por dispositivos de proteção contra sobreintensidades.

Devido a toda a segurança neste tipo de esquema assentar na garantia efetiva de todas as massas da instalação estarem conectadas ao condutor neutro (PEN), foi necessário prever um esquema adequado às condições onde se torna provável uma desligação acidental do condutor PEN.

Podem então distinguir-se três esquemas TN: no TN-C o condutor PEN exerce a dupla função de condutor de neutro e de proteção, o TN-S onde o condutor de neutro é

separado do condutor de proteção e ainda quando estes dois tipos de esquema estão agrupados numa mesma instalação, designando-se por TN-C-S.

No esquema TN-C, considerado como o TN original, o condutor de neutro e o condutor de proteção são um único designado por PEN, representado na Figura 2.10. O condutor PEN deve obedecer a todas as características e condições exigidas para condutores de proteção devendo ainda ser ligado á terra em vários pontos repartidos por todo o seu comprimento de forma a evitar aparecimentos de tensões elétricas nas massas dos componentes e equipamentos, garantindo assim que o potencial nas massas permanece o mais próximo possível do potencial da terra.

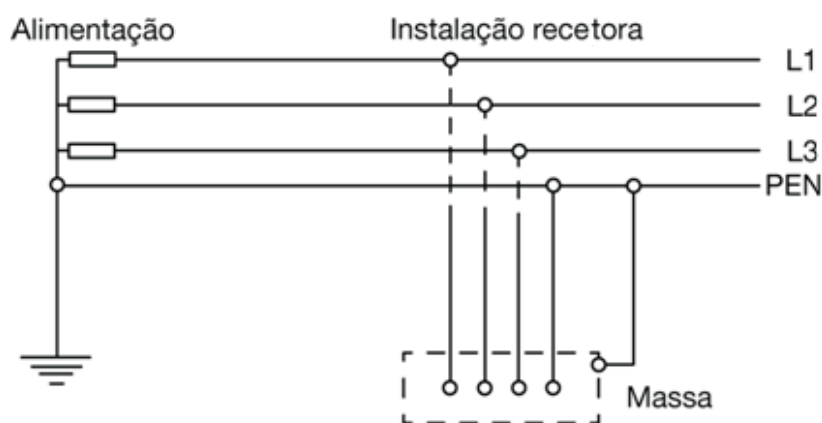


Figura 2.10 - Esquema de Ligação à Terra TN-C.

O condutor PEN não deve ser seccionado ou protegido correndo o risco do aparecimento de tensões perigosas nas massas dos equipamentos.

De forma a minimizar os riscos, o RTIEBT, só permite o uso deste tipo de esquema em instalações fixas em que o condutor PEN tenha uma secção mínima não inferior a 10mm² se de cobre e a 16mm² se de alumínio. Este esquema não permite proteção contra contactos indirectos através de dispositivos diferenciais sendo a proteção assegurada por dispositivos contra sobreintensidades.

No esquema TN-S não existe a economia de um condutor porque o condutor neutro e condutor de proteção são separados, representado na Figura 2.11. Sendo o condutor neutro separado do condutor de proteção, este esquema, não tem as restrições existentes no esquema TN-C, isto é, pode ser utilizado em instalações que não sejam fixas, com condutores de qualquer tipo e secção além de poder admitir dispositivos de proteção

diferencial-residual quer para proteção contra contactos indirectos quer para complementar a proteção contra contactos directos.

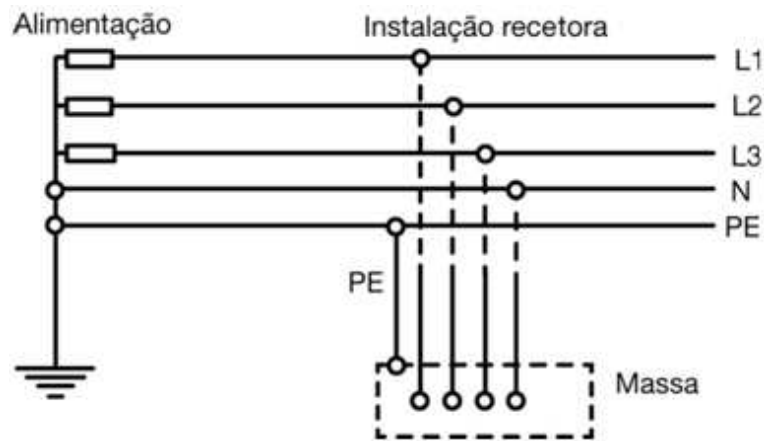


Figura 2.11 - Esquema de Ligação à Terra TN-S.

Este esquema de ligações á terra é mais utilizado em circuitos com origem em quadros parciais e em circuitos que necessitem de proteção contra contactos directos através de dispositivos diferenciais.

O esquema TN-C e TN-S podem ser agrupados na mesma instalação, formando o esquema TN-C-S (Figura 2.12), estando obrigatoriamente o esquema TN-C a jusante do esquema TN-S, isto é, a partir do ponto em que o condutor PEN se separa formando o condutor neutro (N) e condutor de proteção (PE) não é possível juntá-los novamente.

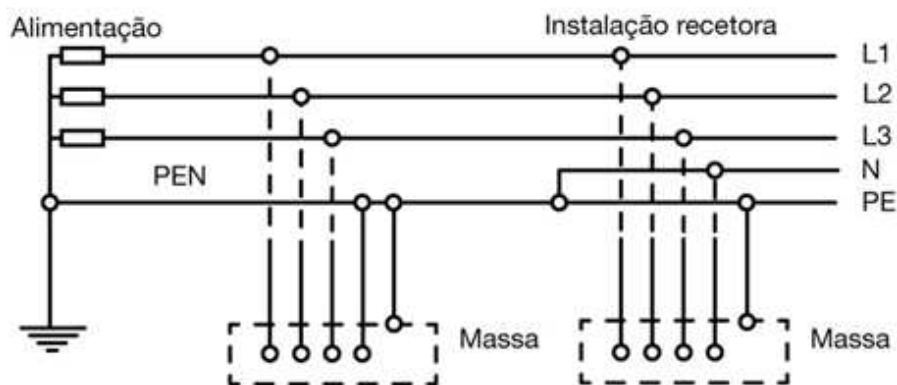


Figura 2.12 - Esquema de Ligação à Terra TN-C-S.

Na prática, principalmente em instalações elétricas que alimente cargas de grande potência, como por exemplo nas indústrias, o esquema TN-C-S é normalmente o mais utilizado, sendo utilizado o esquema TN-C para alimentação dos quadros parciais e das

cargas de maior potencia e o esquema TN-S nos circuitos terminais, com condutores flexíveis e ou que requeiram obrigatoriamente o uso de diferenciais.

Em todo o esquema TN, as características dos dispositivos de proteção e as impedâncias dos circuitos devem ser tais que, se produzir, em qualquer ponto, um defeito de impedância desprezável entre um condutor de fase e o condutor de proteção ou uma massa, o corte automático seja efetuado num tempo não inferior ao determinado pelas normas.

Dado às suas características, este tipo de esquema de ligação á terra é recomendado para instalações alimentadas por postos de transformação ou por geradores próprios, podendo também ser utilizado em instalações alimentadas pela rede pública desde que sejam verificadas certas condições.

2.8.3 Esquema de Ligação à Terra IT

Neste esquema não existe uma ligação direta á terra de um ponto da alimentação, estando esse ponto da alimentação ligado á terra através de uma impedância de valor considerável ou mesmo completamente isolado da terra, representado na Figura 2.13. As massas devem ser ligadas á terra individualmente, por grupos ou por conjuntos.

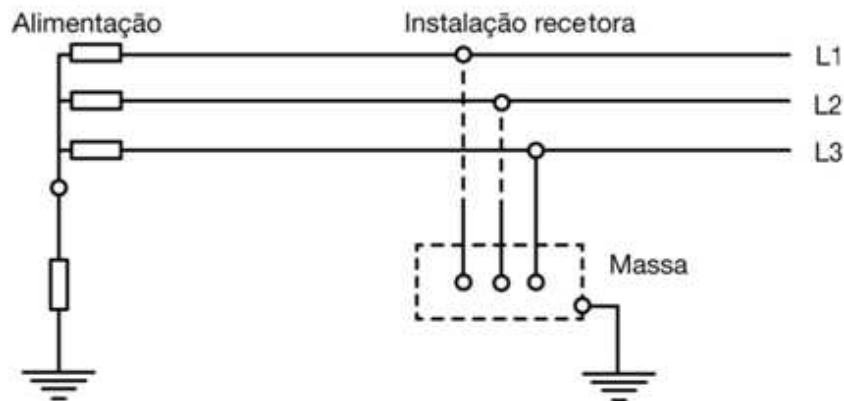


Figura 2.13 - Esquema de Ligação à Terra IT.

Quando ocorre o primeiro defeito entre a fase e a massa a corrente resultante é limitada de tal forma que nenhuma tensão de contacto perigosa, isto é, superior á tensão de contacto limite (UL), possa aparecer em qualquer massa da instalação. No entanto, é importante que o defeito seja rapidamente localizado e corrigido, caso contrário a instalação poderá comportar-se como uma instalação TT ou TN. Para evitar este comportamento, devera assegurar-se uma proteção contra contactos indirectos mediante um

dispositivo de vigilância do isolamento que permita ativar um alarme visual e/ou acústico quando se produzir o primeiro defeito. Em caso de ocorrer um segundo defeito, deverá realizar-se uma interrupção de serviço mediante dispositivos de corte automático da instalação.

Este tipo de esquema, principalmente ligado á terra através de impedâncias, com indicação adequada de faltas, encontra aplicação em instalações onde seja fundamental a continuidade de serviço, tais como algumas indústrias, hospitais, centros de dados, etc. [1]

[2]

3. Procedimentos para Requalificação de Instalações Elétricas Industriais

3.1 Instalação Elétrica Industrial

Neste documento, de modo a facilitar a sua compreensão, a instalação elétrica industrial será dividida da seguinte forma:

- Posto de Transformação;
- Instalação Elétrica em Baixa Tensão:
 - Quadros Elétricos;
 - Canalizações Elétricas;
 - Recetores.

3.1.1 Postos de Transformação

Como visto anteriormente, o nível de tensão da linha de alimentação de uma indústria é, normalmente, superior ao utilizado nos seus circuitos finais. Para realizar a redução do nível de tensão da linha de abastecimento para o nível de tensão utilizado na indústria utilizam-se transformadores, instalados em locais próprios - Postos de Transformação.

Um Posto de Transformação é, segundo os regulamentos em vigor, uma instalação de alta tensão destinada à transformação da corrente elétrica por um ou mais transformadores estáticos, quando a corrente secundária de todos os transformadores for utilizada diretamente nos recetores, podendo incluir condensadores para compensação do fator de potência.



Figura 3.1 - Transformador.

O transformador, Figura 3.1, é obviamente a peça fundamental de um Posto de Transformação, mas, como instalação envolvendo elevados níveis de tensão e energia, necessita naturalmente de um conjunto adicional de aparelhagem a realizar as funções obrigatórias de comando, seccionamento, contagem e proteção. Como dispositivos de corte, seccionamento e proteção realçam-se:

- Os interruptores (Figura 3.2) – aparelhos destinados a ligar ou desligar um circuito em carga, dotado de poder de corte garantido e tendo duas posições, uma de abertura e outra de fecho, nas quais se mantém na ausência de ações exteriores;

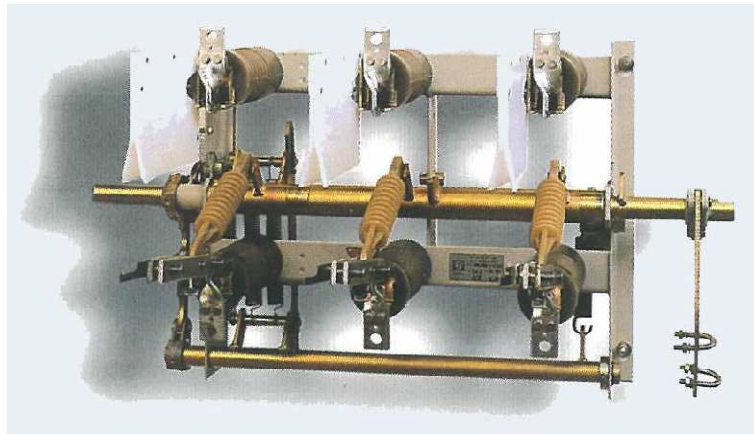


Figura 3.2 - Interruptor.

- Os seccionadores (Figura 3.3) – aparelhos destinados a interromper ou estabelecer a continuidade de um condutor ou a isola-lo de outros condutores e que, sem poder de corte garantido, não deve ser manobrado em carga. Quando utilizado para garantir a segurança de pessoas, a separação dos contactos deve ser visível e facilmente verificável do local da manobra ou de outro;

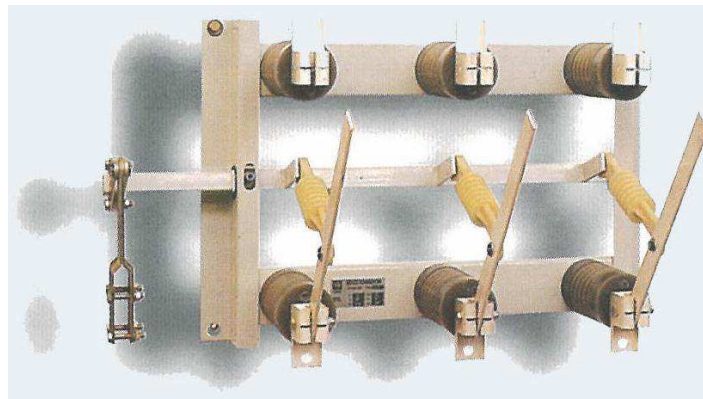


Figura 3.3 - Seccionador.

- Os disjuntores (Figura 3.4) – Interruptor no qual a abertura do circuito se produz automaticamente em condições determinadas. Os disjuntores podem ser de pequeno volume de óleo, de Hexaflureto de enxofre (SF6) ou de vácuo;



Figura 3.4 - Disjuntor de SF6.

- Os fusíveis corta-circuitos (Figura 3.5) – Aparelhos destinados a interromper o circuito em que está inserido, por fusão do elemento do fusível, especialmente previsto para esse fim, quando a corrente que o percorre ultrapassa um certo valor durante um tempo determinado.



Figura 3.5 - Fusíveis corta-circuitos.

É também um elemento constituinte importante do Posto de Transformação o Quadro Geral de Baixa Tensão, de onde partem os diversos ramos da instalação elétrica de baixa tensão.

Nos postos de transformação estão também as ligações aos eletrodos terra. Os dois tipos de terras existentes nos postos de transformação são:

- Terra de Proteção – Circuito da terra a que estão ligados todos os elementos condutores da instalação normalmente sem tensão ou com tensões não perigosas, mas sujeitos a uma passagem fortuita de correntes que provoquem diferenças de potencial perigosas e não previstas entre esses elementos.
- Terra de Serviço – Circuito de terra a que são ligados unicamente pontos dos circuitos elétricos para influenciar as suas condições de exploração, quer limitando o potencial dos condutores em relação ao solo, quer permitindo o funcionamento das proteções. [4]

Devido à existência de várias condicionantes arquitetónicas existem vários tipos de Postos de Transformação que se adequam às exigências de cada caso. Desta forma, podem-se classificar os Postos de Transformação quanto à instalação, ao modo de alimentação, ao serviço prestado e ao modo de exploração.

Existem, assim, uma grande diversidade de soluções possíveis, sendo que os PTs padronizados pela DGEG apenas vão até 630 kVA sob a forma dos seguintes projetos-tipo:

- Postos de exterior, aéreos, montados em postes, PT-A;
- Postos de interior, instalados em cabine alta, PT-CA;
- Postos de interior, instalados em cabine baixa, PT-CB.

O Posto de Transformação instalado nos complexos industriais é, normalmente, de cabine, podendo ser de cabine baixa em edifício próprio, cabine baixa integrada em edifício, cabine metálica (monobloco), cabine pré-fabricada e cabine subterrânea de acordo com as características de cada indústria. Como visto anteriormente sempre que se trata algo sobre postos de transformação o RSSPTS deve ser tido em conta.[12]

3.1.2 Quadros Elétricos

Um Quadro elétrico (Figura 3.6) é, por definição, o conjunto de equipamentos, convenientemente agrupados, incluindo as suas ligações, estruturas de suporte e invólucro, destinado a proteger, a comandar ou a controlar instalações elétricas. [1]



Figura 3.6 - Interior de um Quadro Elétrico.

Os equipamentos instalados dentro de um quadro elétrico são, normalmente:

- Um órgão de entrada, em geral um interruptor ou disjuntor, que permite desligar o quadro da rede de alimentação;
- Vários órgãos de proteção, seccionamento e comando dos circuitos a jusante do quadro elétrico. Disjuntores, fusíveis simples ou associados a um interruptor ou seccionador.
- Barramento de ligação entre o órgão de entrada e os vários órgãos de proteção, seccionamento e comando.
- Equipamento auxiliar como lâmpadas de sinalização, contadores de energia, bornes e etc.

Devido á complexidade e tamanho de uma instalação elétrica industrial é comum encontrarmos vários quadros elétricos ao longo de todo o complexo fabril. Os quadros elétricos presentes numa instalação elétrica industrial podem ser de diversos tipos, entre eles:

- Quadro elétrico de potência de entrada (quadros geral);
- Quadro de distribuição (de zona e/ou piso);
- Quadro de força motriz (quadros de automação e comando);
- Quadro elétrico de compensação de energia reativa;
- Quadro de segurança.

O quadro elétrico é pois um equipamento de máxima importância para o funcionamento de uma instalação elétrica. As medidas de proteção a aplicar aos quadros elétricos de potência da instalação elétrica de baixa tensão estão definidas no RTIEBT e consideram as necessidades específicas de conceção, montagem, ensaios e instalação. [13]

3.1.3 Canalizações Elétricas

Para que os aparelhos que utilizam energia elétrica sejam abastecidos pela mesma é necessário que existam canais de ligação entre estes e a fonte de energia. Esses “canais” constituem as canalizações elétricas e são uma parte fundamental das instalações elétricas. As canalizações elétricas são, por definição, conjuntos constituídos por um ou mais condutores e pelos elementos que asseguram o seu isolamento elétrico, a sua proteção mecânica, química e elétrica, e a sua fixação, devidamente agrupados e com aparelhos de ligação comuns.

As canalizações elétricas devem ser estabelecidas de forma a assegurarem a sua exploração e conservação, devendo ser instalados em locais que facilitem a sua instalação, inspeção e manutenção.

As canalizações elétricas devem ser dimensionadas de acordo com os parâmetros físicos da instalação, tais como o tipo de condutor, as condições e o modo de instalação, temperatura ambiente a que a canalização fica sujeita, o comprimento da canalização e etc. Devem ser tidos em conta os parâmetros elétricos da canalização como as características da energia elétrica a transportar, a corrente provável de curto-circuito, correntes nominais e etc. Com base nos parâmetros anteriores o dimensionamento da canalização consiste em determinar o seu modo de instalação, o tipo de cabo, a secção do condutor e a proteção elétrica da canalização a instalar no quadro a montante.

Para a escolha do modo de instalação das canalizações elétricas devem ser analisados vários fatores como a natureza dos locais e influências externas, os elementos de construção existentes, o nível de tensão da canalização e outras solicitações previsíveis durante a instalação e exploração. No RTIEBT na secção 52H estão apresentados alguns modos de instalação de canalizações mais comuns.

Nas canalizações elétricas podem ser utilizados cabos elétricos e os condutores com características diversas de acordo com cada situação concreta, porém a seleção da secção dos condutores não pode ser realizada de uma forma isolada em relação á escolha do seu aparelho de proteção elétrica, ou seja, do fusível ou disjuntor que será instalado para proteção da canalização elétrica. A seleção cuidadosa da secção dos condutores nas canalizações elétricas e as características dos aparelhos de proteção irão assegurar a proteção básica da instalação contra sobrecargas, limites da queda de tensão, curtos-circuitos, esforços térmicos e contra contactos indirectos.

Nos cabos elétricos presentes nas canalizações, de todos os materiais condutores, os mais utilizados são o de cobre e o alumínio, sendo sem dúvida o cobre mais utilizado, pois apesar de ter um custo superior apresenta uma melhor condutividade. O cobre permite usar cabos de menor secção, o que é uma vantagem nas canalizações elétricas com um modo de instalação entubado.

A vida útil de um cabo elétrico depende dos esforços térmicos a que está sujeito e aos que pode suportar, isto é, ao aquecimento provocado pela passagem de corrente elétrica. Desta forma o material do isolamento dos cabos elétricos é um elemento fundamental visto ser o isolamento do cabo que estabelece a sua temperatura máxima de funcionamento. Os materiais mais comuns utilizados no isolamento de cabos elétricos são o policloreto de vinilo (PVC) com uma temperatura máxima admissível de 70°C e o polietileno reticulado (XLPE) ou etileno-propileno (EPR) com uma temperatura máxima admissível de 90°C, conforme indicado no RTIEBT.

No anexo IIB do RTIEBT é apresentada a tabela com os símbolos utilizados nas designações de condutores e cabos, isolados, para instalações elétricas, segundo a norma NP665.

As canalizações elétricas devem obrigatoriamente de estar de acordo com um conjunto de aspetos de natureza, predominantemente técnica e económica, de forma a minimizar os riscos para pessoas e bens existentes na utilização de energia elétrica bem como para prevenir o risco de deterioração associado às várias solicitações existentes. [1]
[2]

3.1.4 Recetores Elétricos

Os recetores elétricos são os dispositivos que transformam energia elétrica em outro tipo de energia, seja ela calorífica, térmica, mecânica, luminosa e etc. São exemplos de recetores elétricos motores, fornos elétricos, lâmpadas, entre outros.

Um recetor elétrico caracteriza-se, do ponto de vista elétrico, pelos seguintes parâmetros:

- Tensão Nominal;
- Potencia Absorvida;
- Fator de Potencia;
- Número de Fases.

Estes parâmetros permitem calcular a corrente absorvida (quando não é expressamente declarada) e efetuar o cálculo da alimentação elétrica, tanto sob o ponto de vista de capacidade de transporte de corrente como de queda de tensão. [2]

3.2 Levantamento da Instalação elétrica industrial

O levantamento da instalação elétrica industrial é o primeiro passo na requalificação da instalação elétrica. É com base no levantamento da instalação elétrica que o responsável pela requalificação da mesma fica a conhecer a instalação elétrica e a perceber o seu verdadeiro estado de conformidade, ou não, com as normas e regras a que deve obedecer. Conhecer a estrutura de toda a instalação elétrica existente é imperativo para que a requalificação da instalação elétrica seja feita corretamente.

O primeiro passo na requalificação de uma instalação elétrica industrial é perceber o tipo de indústria em que a instalação elétrica está inserida e de que forma a instalação elétrica interage com o ambiente industrial e, de uma forma geral, quais as condicionantes que essa indústria apresenta á sua instalação elétrica.

Depois de se perceber o tipo de ambiente onde a instalação elétrica está inserida o passo seguinte, e antes do levantamento propriamente dito, é fazer a compilação de todos os documentos sobre a instalação elétrica existente e, caso seja necessário, documentos sobre o próprio edifício, como por exemplo projetos de arquitetura. Os documentos compilados são uma ferramenta útil para o levantamento da instalação elétrica mas devem ser utilizados apenas como base orientadora e não como sendo uma correspondência verdadeira para a própria instalação elétrica existente, já que se a instalação elétrica necessita de ser requalificada o mais provável é que existam alterações não documentadas.

Com os documentos existentes compilados e com um conhecimento geral da indústria onde está inserida a instalação elétrica o passo seguinte é o levantamento da instalação elétrica. Os procedimentos para o levantamento de uma instalação elétrica devem ser adequados em função das características da instalação, porem, podemos, de modo a facilitar a sua compreensão, dividir o levantamento de uma instalação elétrica em três princípios fundamentais e necessários, sendo:

- Inspeção Visual;
- Ensaios;

- Recolha de dados técnicos.

A inspeção visual deve ser realizada com a instalação sem tensão e tem como finalidade confirmar se os equipamentos elétricos instalados satisfazem as regras de segurança das normas que lhes são aplicáveis, foram corretamente selecionados e instalados de acordo com as normas e indicações dos fabricantes e se não apresentam danos aparentes que possam comprometer o seu funcionamento adequado e a segurança.

Na inspeção visual da instalação elétrica devem ser verificados, no mínimo, os seguintes pontos:

- Medidas de proteção contra choques elétricos – RTIEBT 412.2, 412.3, 412.4, 413.3, 471, 481;
- Medidas de proteção contra efeitos térmicos – RTIEBT 42, 482, 527;
- Seleção dos condutores – RTIEBT 523, 525;
- Seleção, ajuste e localização dos dispositivos de proteção e de vigilância – RTIEBT 53;
- Existência de dispositivos de seccionamento e comando, sua adequação e localização – RTIEBT 46, 536;
- Adequação dos equipamentos e medidas de proteção apropriadas, de acordo com as influências externas – RTIEBT 512.2;
- Identificação dos condutores - RTIEBT 514.3;
- Existência de esquemas, avisos e informações análogas – RTIEBT 514.5;
- Identificações dos circuitos, dos fusíveis, dos disjuntores, dos interruptores dos terminais e etc. – RTIEBT 514;
- Execução das ligações dos condutores – RTIEBT 526;
- Acessibilidade para comodidade de funcionamento e manutenção.

Apresentar detalhadamente tudo o que deve ser verificado e inspecionado numa instalação elétrica seria transcrever todas as normas e regras, porem é importante ressaltar a verificação de uma regra fundamental que nos diz que todas as partes vivas e perigosas, não devem estar acessíveis, e as partes condutoras acessíveis, as massas, não devem oferecer risco tanto em condições normais como em condições de defeito.

De forma a aumentar o conhecimento sobre a instalação elétrica existente e a sua condição existem alguns ensaios que devem ser realizados, preferencialmente pela ordem indicada, sendo:

- Continuidade dos condutores de proteção e das ligações equipotenciais principais e suplementares – RTIEBT 512.2;
- Resistência de isolamento da instalação elétrica – RTIEBT 612.3
- Proteção por meio da separação dos circuitos – RTIEBT 612.4 – relativa a:
 - Tensão reduzida de segurança TRS ou TRP – RTIEBT 411.1;
 - Separação elétrica – RTIEBT 413.5;
- Resistência de isolamento dos elementos da construção – RTIEBT 612.5;
- Seccionamento automático da instalação – RTIEBT 612.6;
- Ensaio da polaridade – RTIEBT 612.7;
- Ensaio dielétrico – RTIEBT 612.8;
- Ensaio funcionais – RTIEBT 612.9;
- Proteção contra efeitos térmicos – RTIEBT 612.10;
- Quedas de tensão – RTIEBT 612.11;
- Verificação dos apertos nas ligações.

As verificações feitas durante a inspeção visual e os ensaios são importantes para perceber a verdadeira condição da instalação elétrica existente, nomeadamente para perceber se os elementos e equipamentos da instalação elétrica existente, caso se venha a confirmar o seu bom dimensionamento durante a análise dos dados recolhidos, tem ou não condições para se manterem na instalação elétrica ou mesmo estando bem dimensionados eletricamente se terão de ser substituídos por equipamentos equivalentes.

Para além de se perceber o estado da condição da instalação elétrica é necessário verificar também se a instalação elétrica existente está dimensionada conforme as normas e regras aplicáveis. Assim, é necessário proceder-se ao levantamento dos dados técnicos. A recolha de dados técnicos consiste em recolher toda a informação relevante para analisar o dimensionamento da instalação, isto é, com os dados técnicos recolhidos deverá ser possível elaborar um documento tipo projeto (plantas, esquemas, detalhes da montagem e etc.) da instalação elétrica existente para se ficar apto a analisar se os dimensionamentos da instalação elétrica estão corretos.

Percebe-se desta forma que é importante realizar estes três princípios fundamentais para todas as partes da instalação elétrica industrial, ou seja, o Posto de Transformação, os Quadros Elétricos, as Canalizações e os Recetores Elétricos de modo a habilitar os

responsáveis pela realização da requalificação elétrica de um verdadeiro e total conhecimento do real estado e condição da instalação elétrica existente na indústria. [1]

3.2.1 Levantamento Postos de Transformação

O PT sendo o início da instalação elétrica industrial é, geralmente, um bom ponto de partida para o levantamento da instalação elétrica conseguindo, na maior parte das vezes, ser um bom indicador da proporção e dimensão da própria instalação elétrica existente no complexo fabril.

Devido a um conjunto de vários fatores diversos, como o facto dos níveis de tensão dentro do PT serem superiores e normalmente para trabalhos dentro do PT as indústrias usarem mão-de-obra especializada não recorrendo às próprias equipas de manutenção fazem com que o PT seja normalmente o ponto da instalação elétrica industrial que sofre menos alterações durante o seu funcionamento. Tendo uma legislação própria e sendo uma peça vital no funcionamento da indústria é normalmente alvo de uma atenção especial e redobrada sofrendo manutenções periódicas de acordo com as normas. No entanto, apesar de normalmente não sofrer alterações, o seu levantamento deve ser feito normalmente, isto é, inspeção visual, ensaios e recolha de dados técnicos.

Num PT, para que se conheça verdadeiramente a sua condição e para o seu levantamento ser o mais minucioso possível, as principais verificações e ensaios a realizar são:

- Verificação do estado da construção civil e serralharia;
- Verificação da existência de identificações dos componentes da instalação elétrica (quadros, condutores, etc.) e o seu estado;
- Verificação da existência de elementos obrigatórios, como mapa de terras, quadro de primeiros socorros, etc.;
- Verificação do estado de conservação dos dispositivos de manobra existentes, tais como, tapetes isolantes, luvas isolantes, etc.;
- Verificação do nível de óleo nos transformadores e disjuntores;
- Verificação de existência de fugas de óleo nos transformadores e disjuntores;
- Verificação da qualidade do óleo do transformador, acidez e rigidez;
- Verificação da temperatura do óleo do transformador;
- Verificação do bom estado de funcionamento dos relais de proteção e dos dispositivos de alarme;

- Verificação do estado dos disjuntores, seccionadores e interruptores. Contactos, comandos, isoladores, etc.;
- Verificação dos circuitos de terra, conforme indicado na norma RSSPTS;
- Verificação dos sistemas auxiliares, como o sistema de iluminação de recurso;
- Verificação de corrosão em partes metálicas;
- Verificação do estado dos isoladores de apoio e de passagem;
- Verificação da limpeza;

Uma ferramenta importante para a recolha dos dados técnicos do PT são as chapas características dos diversos equipamentos existentes, como por exemplo, a chapa de características do transformador, do disjuntor e etc. Com base nas chapas características dos equipamentos e indicações de fabricante nos equipamentos recolhem-se os dados técnicos com a finalidade de se conseguir, apenas através desses dados, analisar, numa fase posterior, o dimensionamento do PT. Assim, e de uma forma geral, apresentam-se alguns dos dados técnicos relevantes a recolher:

- Número de transformadores existentes no PT.
- Potência do(s) transformador(es);
- Tensão no Primário e no Secundário dos transformadores;
- Tipo de Ligação dos transformadores;
- Tensão de Curto-circuito;
- Calibre de disjuntores, interruptores e seccionadores;
- Secção e materiais constituintes dos cabos e barramentos existentes;

Sendo um quadro elétrico, o QGBT, apesar de ser um constituinte do PT, o seu levantamento não é diferente de qualquer outro quadro elétrico de potência. Dessa forma, o procedimento para o levantamento do QGBT será alvo de atenção no subcapítulo seguinte.
[4]

3.2.2 Levantamento de Quadros Elétricos e Canalizações Elétricas

O levantamento de quadros elétricos e canalizações elétricas pode, e deve, ser feito de forma conjunta. Fazendo o levantamento desta forma diminui o risco de uma correspondência errada entre o dispositivo de proteção da canalização elétrica instalado no quadro elétrico a montante da mesma e a própria canalização elétrica no caso de as identificações não existirem ou estarem incorretas.

O levantamento de um quadro elétrico é independente do tipo do circuito onde está inserido o quadro elétrico, ou seja, é sempre realizado da mesma forma quer o quadro elétrico seja de circuitos normais, de segurança ou de emergência, não sendo importante para o levantamento visto todos os quadros de potência obedecerem as mesmas normas e regras.

De forma ao levantamento ser o mais exato possível devem-se realizar as verificações e ensaios anteriormente enunciados. Assim, são enunciados, de seguida, algumas verificações a realizar especificamente nos quadros elétricos e nas canalizações elétricas, sendo nos quadros elétricos:

- Verificação do estado do armário. Integridade mecânica, pintura, corrosão, fechaduras, dobradiças e etc.;
- Verificação da montagem e instalação do quadro;
- Verificação de identificações;
- Verificação da garantia do código IP mínimo;
- Verificação do código IK de acordo com a severidade das influências externas;
- Verificação de toda a aparelhagem instalada no quadro. Estado dos contactos, sinais de aquecimento, calibração, fixação, instalação e etc.;
- Verificação da limpeza interna e externa.

Nas canalizações elétricas algumas das verificações a realizar são:

- Verificação do estado do isolamento dos cabos;
- Verificação dos elementos de ligação, fixação e suporte dos cabos;
- Verificação de sinais de aquecimento excessivo. Rachaduras, ressacamentos e etc.;
- Verificação de identificações;
- Verificação da limpeza.

Percebido o estado geral do quadro elétrico, da sua aparelhagem e dos cabos elétricos que dele derivam, o passo seguinte é a recolha de dados técnicos. Desta forma as principais informações a recolher são:

- Calibres da aparelhagem instalada;
- Secção dos cabos das canalizações;

- Tipo de cabo presente em cada canalização;
- Comprimento dos cabos;
- Identificação das saídas.

A recolha de dados técnicos dos quadros elétricos e das canalizações tem como principal objetivo a elaboração dos esquemas unifilares dos quadros elétricos existentes.

Um dos problemas mais comuns que surgem durante o levantamento dos quadros elétricos e das canalizações é a incorreta ou a falta de identificação dos circuitos. A solução para este tipo de casos é através da técnica de tentativa erro, onde ligando e desligando as proteções existentes nos quadros se consegue identificar a canalização associada a essa proteção.

É necessário perceber também qual a canalização que alimenta cada recetor e perceber se a mesma canalização alimenta vários recetores, algo que ocorre normalmente. É importante perceber este aspeto para se estabelecer um correto fator de simultaneidade associado a cada canalização.

3.2.3 Levantamento dos Recetores Elétricos

O levantamento dos recetores elétricos tem como principal objetivo perceber a potência que cada um consome para se perceber o consumo de energia elétrica na instalação industrial. Com um conhecimento real e verdadeiro das potências consumidas em toda a instalação é simples realizar um “balanço de potências”.

Na inspeção visual a realizar nos recetores devem ser realizadas as verificações e ensaios anteriormente enunciados. No entanto, os principais aspetos a verificar são:

- Verificação do estado geral do recetor;
- Verificação da conformidade da parte elétrica do recetor;
- Verificação da funcionalidade do recetor;
- Verificação da Limpeza.

No caso dos recetores os dados técnicos a retirar são:

- Tipo de recetor;
- Potência;
- Corrente nominal;
- Tensão de funcionamento;
- Fator de potência.

Mais uma vez, a chapa de características do recetor é uma ferramenta importante para uma correta recolha de dados técnicos.

3.3 Análise e Tratamento dos Dados Recolhidos

Depois de se concluir o levantamento da instalação elétrica existente no complexo industrial a requalificar, o passo seguinte é a análise e o tratamento dos dados e informações recolhidas durante o levantamento da instalação elétrica no terreno. Esta etapa da requalificação de uma instalação elétrica industrial tem como objetivo a definição de estratégias, alterações e correções a elaborar na instalação elétrica existente para que a mesma fique numa situação de conformidade com as normas e regras a que está sujeita. Além das ações práticas a realizar na própria instalação elétrica é necessário proceder-se também a uma atualização dos documentos relativos á instalação elétrica, ou seja, é necessário elaborar um projeto elétrico tal como se de uma instalação de raiz se tratasse para a instalação elétrica requalificada.

Na definição das ações a realizar na instalação elétrica existente há um princípio que deve ser considerado como uma prioridade, sendo esse princípio, manter ao máximo os elementos constituintes da instalação elétrica existente desde que o seu estado de funcionamento e segurança esteja de acordo com as normas e regras e seja verificado o seu correto dimensionamento. Sendo importante perceber quais os elementos que podem ser mantidos na instalação elétrica sem condicionar a sua conformidade deve-se ter em atenção também para que as alterações a realizar na instalação elétrica não interfiram com a segurança e a conformidade da instalação elétrica a manter.

O método de verificação do dimensionamento da instalação elétrica instalada deve ser o mesmo tal como se de uma instalação nova se tratasse, sendo, neste caso o balanço de potências não um “balanço” no seu sentido literal já que se conhecem as “verdadeiras” potências que são consumidas no complexo fabril. Assim, e como citado anteriormente, para uma correta análise deve ser verificado o dimensionamento da totalidade da instalação elétrica instalada devendo sempre a Análise começar pelo fim da instalação, ou seja, deve-se começar por fazer a análise dos recetores elétricos, depois canalizações elétricas entre recetores e quadros parciais, passando aos quadros parciais, canalizações elétricas entre quadros, quadro geral e por fim o PT. Para a requalificação ser elaborada de uma forma

eficaz devem ser realizados todos os passos de projeto de uma instalação elétrica a construir de raiz.

3.3.1 Verificação do Dimensionamento de Canalizações

A verificação do dimensionamento das canalizações elétricas é uma parte vital na requalificação de uma instalação elétrica de um complexo fabril. Com esta verificação percebe-se se determinada canalização se encontra ou não bem dimensionada para os circuitos e elementos que abastece, já que, com a utilização do complexo fabril possam surgir alterações de *layout* e substituição de máquinas por outras de maior potencia fazendo com que os circuitos instalados estejam subdimensionados, trazendo assim para a instalação elétrica e para a indústria todos os riscos associados a este tipo de não conformidade.

Com a ajuda de uma câmara termográfica ou um termómetro de infravermelhos consegue-se perceber, no terreno, se determinado componente da canalização elétrica se encontra numa situação de sobreaquecimento possibilitando assim reconhecer se determinado componente, por exemplo um disjuntor ou interruptor, se encontra incorretamente dimensionado.

Outra forma de se perceber se uma canalização elétrica se encontra ou não bem dimensionada é com base nas potências reais obtidas durante a fase de levantamento da instalação elétrica, elaborar um dimensionamento para cada canalização, com todas as etapas necessárias para o cálculo de canalizações, sendo:

- Cálculo da corrente de projeto (I_b);
- Determinação da secção transversal dos condutores (I_z);
- Seleção do dispositivo de proteção contra sobrecargas (I_n e/ou I_r);
- Verificação da Queda de tensão (ΔU);
- Cálculo da corrente máxima de curto-circuito na origem do circuito (I_{kmax}) e da corrente de curto-circuito mínimo no final do circuito (I_{kmin});
- Determinação das características do dispositivo de proteção contra curto-circuito, capacidade de interrupção (I_{cu}) e limite de disparo magnético (I_m);
- Verificação dos esforços térmicos permitidos;
- Verificação do dimensionamento de cabos contra curto-circuitos;
- Verificação das condições de proteção contra contacto direto.

Fazendo o cálculo do dimensionamento da canalização elétrica como se de uma nova canalização se tratasse tendo como base os dados retirados aquando a fase de levantamento permite-nos perceber se essa canalização em causa se encontra dimensionada de acordo com as regras ou se deve, por não estar dimensionada segundo as normas e regras, ser substituída por uma canalização em conformidade. [14]

4.Caso de Estudo – Requalificação da Instalação Elétrica do Edifício 2 da Schaeffler Portugal S.A.

4.1 Introdução ao Caso de Estudo - Edifício 2 da Schaeffler Portugal S.A.

Como caso de estudo, para demonstrar, na prática, o procedimento de trabalho para requalificação de uma instalação elétrica de uma indústria, tal como apresentado no capítulo anterior, temos o edifício 2 da Schaeffler Portugal S.A., nas Caldas da Rainha.

Optou-se por ser o edifício 2, o primeiro na ordem de trabalhos para a requalificação da instalação elétrica de todo o complexo fabril da Schaeffler Portugal S.A., visto ser o edifício mais recente e existir ainda alguma documentação sobre a sua instalação elétrica original, torna-se assim mais fácil o trabalho de requalificação e remodelação da sua instalação elétrica, servindo este para ganhar rotina de trabalho e colocar em prática o procedimento escolhido.

É no edifício 2 da Schaeffler Portugal S.A que se dá a entrada da matéria-prima para o funcionamento da fábrica, sendo neste que se encontram as primeiras etapas de trabalho para a produção de rolamentos esféricos. As principais áreas de trabalho no edifício 2 são, como indicadas na Figura 4.1, as seguintes:

- Armazenamento de matéria-prima;
- Torneamento;
- Retificação de faces;
- Tratamento Térmico;
- Lavagem a 100%;
- Armazém, construção e afiação de ferramentas.

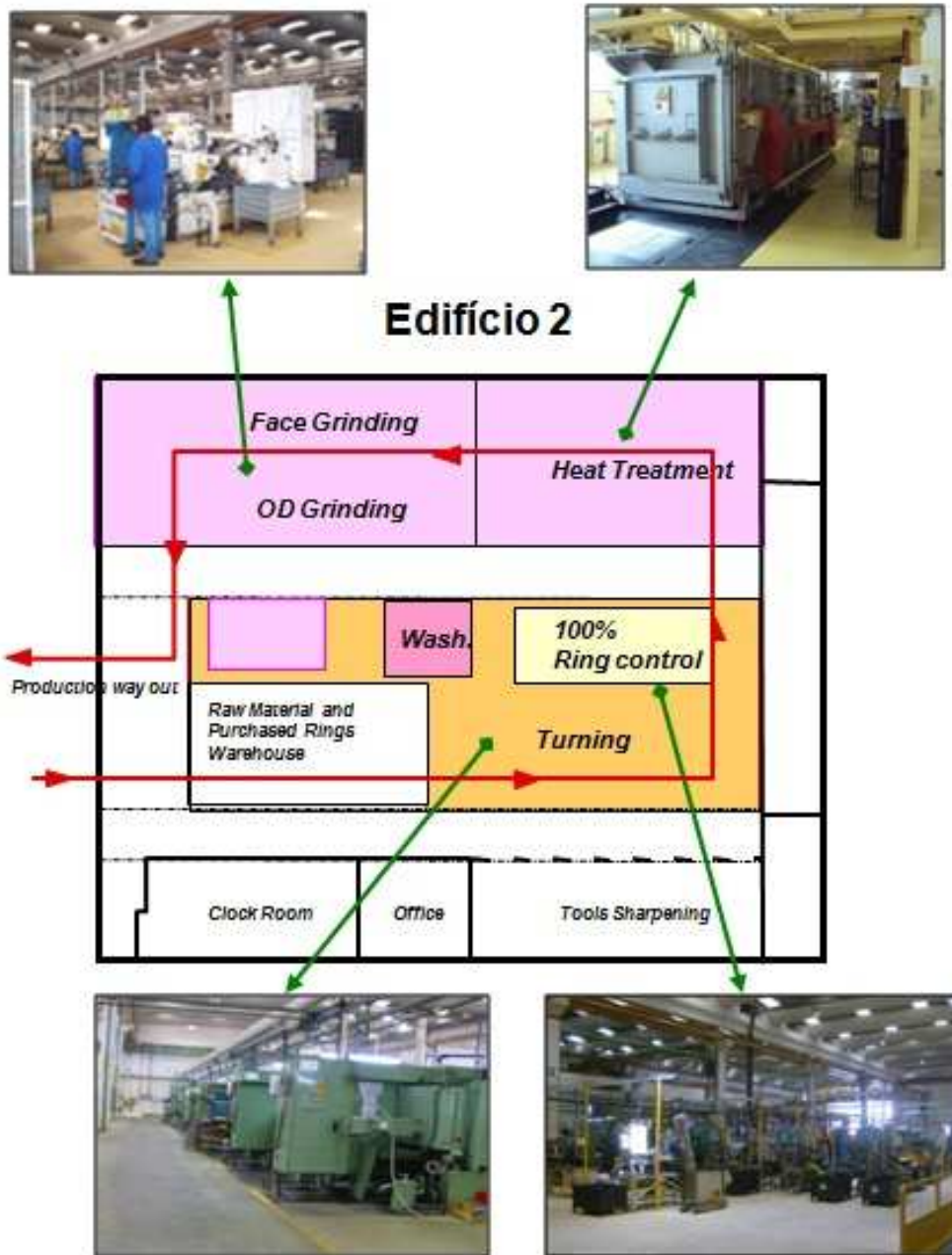


Figura 4.1 - Principais áreas técnicas da nave fabril do edifício 2

O edifício 2 é uma construção com uma dimensão de 70 x 70 m constituído por cave, rés-do-chão e primeiro andar, sendo a nave fabril no rés-do-chão (Figura 4.1), arrumos, zona de compressores e trituração de limalhas na cave e uma sala de refeições e reuniões no primeiro andar.

4.2 Introdução à Instalação Elétrica do Edifício 2 da Schaeffler Portugal S.A.

Os dados apresentados neste subcapítulo são o resultado de todo o processo de levantamento da instalação elétrica existente no edifício 2, ou seja, inspeção visual, ensaios e recolha de dados técnicos, tendo como orientação a documentação existente mas confirmando sempre a informação da documentação no terreno para que o levantamento correspondesse, na verdade, ao existente no edifício.

4.2.1 Alimentação da Instalação Elétrica do Edifício 2

Como referido no subcapítulo 1.3 do presente documento o complexo fabril da Schaeffler Portugal S.A. é dotado de dois postos de transformação, sendo que o Posto de Transformação do edifício 1 é também um Posto de Seccionamento. É no edifício 1 que é a origem da instalação elétrica de todo o complexo fabril e daí sai o abastecimento do PT do edifício 2, tal como exemplificado na Figura 4.2.

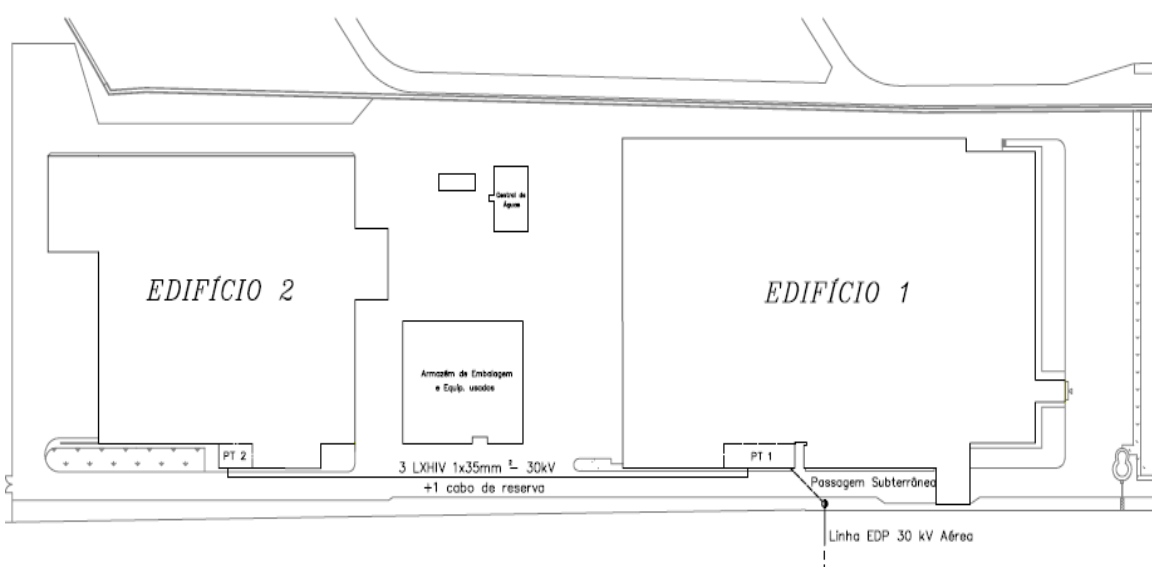


Figura 4.2 - Ligação elétrica entre edifícios da Schaeffler Portugal S.A.

A ligação entre o PT1 e o edifício 2, ou seja, o PT2, é feita através de uma ligação constituída por 4 cabos LXHIV 1x35mm² instalados em vala, sendo um dos cabos de reserva. A instalação dos cabos é efetuada a cerca de 95 cm do solo.

Como referido também no primeiro capítulo, o esquema de ligação á terra instalado neste edifício é o esquema TN-C, derivando depois em alguns quadros parciais, de esquema TN-C para esquema TN-S, constituindo assim em algumas partes da instalação um esquema de ligação á terras TN-C-S, descrito no subcapítulo 2.8.2.

4.2.2 Posto de Transformação do Edifício 2, PT2

O posto de transformação do edifício 2 é do tipo Cabine Baixa de alvenaria, de montagem interior e tem 3 conjuntos de celas de proteção/transformador e mais 3 celas de entrada/saída. Um conjunto de celas de proteção/transformador bem como uma cela de chegada ou saída funciona como reserva não equipada.

Os cabos de ligação entre os PTs e entre o PT e o QGBT passam em caleiras cobertas no chão por chapas.

Estão instalados dois transformadores de potência, Efacec, em paralelo com as seguintes características:

- Potência – 1000kVA
- Tensão Primário – 30 000 – 5% V
- Tensão no secundário – 400/230 V
- Ligação – Dy 5
- Frequência – 50Hz
- Tensão de C.C. – 5%

4.2.3 Quadro Geral de Baixa Tensão e Quadros Parciais do Edifício 2

A ligação dos transformadores e o QGBT é efetuada através de cabo LVV3 (4x1x300) +2x1x300 mm². O quadro é de chapa de aço zincor tendo acesso pela frente e pela retaguarda.



Figura 4.3 - QGBT do edifício 2 da Schaeffler Portugal S.A.

É a partir do QGBT, mostrado na Figura 4.3, que todos os quadros parciais e algumas máquinas e equipamentos são abastecidos dentro do edifício 2. Nas seguintes

figuras, Figura 4.4e Figura 4.5, estão representados os quadros elétricos existentes no edifício 2 sobre a planta do mesmo de forma a perceber-se a sua localização e distribuição no edifício. Em anexo, anexo A, B e C respetivamente, encontra-se o diagrama de quadros do edifício 2, o esquema unifilar do QGBT e o seu *Layout*.

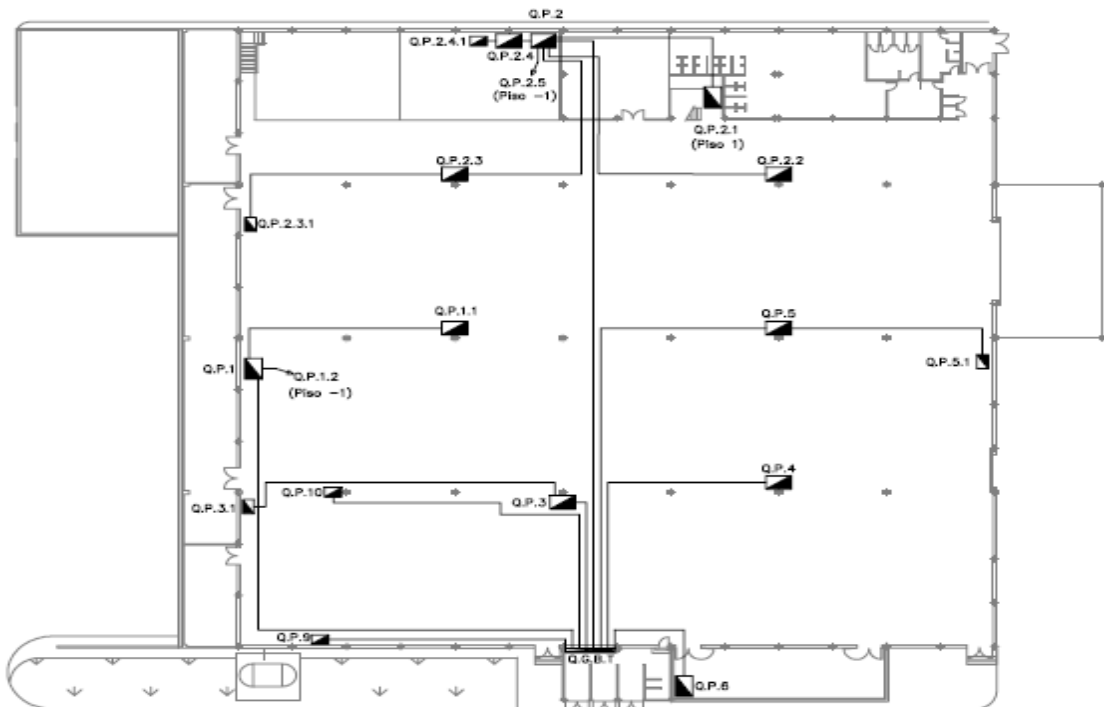


Figura 4.4 - Quadros elétricos existentes no Piso 0 e piso 1 do edifício 2

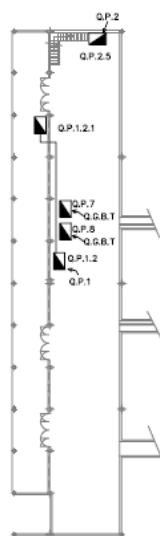


Figura 4.5 - Quadros elétricos existentes no piso -1 do edifício 2

4.2.4 Canalizações Elétricas do Edifício 2

Os cabos de ligação entre quadros e entre quadros parciais e os recetores finais existentes no edifício dois são na sua maioria cabos VV e LVV, existindo também em circuitos mais recentes cabos XV. Na nave fabril, na cave e no piso 1, os cabos existentes passam na sua esmagadora maioria em caminhos de cabos em esteira junto ao teto (método de referencia E) ou em abraçadeiras plásticas (método de referencia C) enquanto no piso 1 os cabos passam dentro da parede em tubo (método de referencia A), variando assim conforme a área do edificio o método de referência da instalação dos circuitos elétricos.

Além dos cabos de ligação entre os quadros e entre os quadros e os equipamentos existem também na zona de torneamento canalizações elétricas pré-fabricadas, habitualmente designadas por “CANALIS”, de ligação às máquinas aí existentes, como verificado na Figura 4.6.



Figura 4.6 - Caminhos de cabos em esteira e "CANALIS"

4.2.5 Recetores Elétricos Existentes no Edifício 2

Tal como na maioria dos edifícios industriais os recetores predominantes e de maior importância neste edifício são motores devido á quantidade e potência de máquinas e equipamentos em que os motores são a sua principal ferramenta, tais como, neste caso, tornos, máquinas de lavagem, retificadora, tapetes de transporte, entre outras. Além dos motores este edifício têm ainda a particularidade de ter grandes fornos de tratamento térmico que funcionam num misto de energia elétrica e de queima de metanol.

Além dos recetores mais específicos desta indústria, o edifício 2, tem ainda os recetores comuns á maioria das instalações indústria tais como os circuitos de iluminação de emergência (blocos autónomos), de iluminação normal, circuitos de tomadas monofásicas e trifásicas, como uma unidade de alimentação ininterrupta para alguns dos sistemas de controlo mais importantes.

4.3 Análise dos Dados Recolhidos no Levantamento da Instalação Elétrica do Edifício 2

4.3.1 Análise dos Dados Recolhidos na Inspeção Visual

Durante a inspeção visual à instalação elétrica do edifício 2 da Schaeffler Portugal S.A. verificou-se a presença de um número elevado de não conformidades, sendo que as não conformidades detetadas em maior quantidade foram:

- Falta de identificação ou identificação incorreta;
- Ausência de proteções contra contactos diretos;
- Ligações equipotenciais desligadas;
- Quadros sem diagramas e/ou esquemas;
- Quadros elétricos de iluminação e tomadas sem proteção diferencial;
- Quadros elétricos com interiores sujos e degradados;
- Ausência de barramento PEN;
- Canalizações degradadas;
- Tomadas e luminárias destruídas.

Desta forma, e depois de identificadas as não conformidades existentes no edifício 2, foram definidas as correções a efetuar para cada tipo de não conformidade. Nas seguintes figuras podemos verificar a não conformidade e a sua correção.

- **Falta de identificação ou identificação incorreta** – para eliminação desta não conformidade elaboraram-se novas identificações para todos os elementos da instalação elétrica do edifício 2, tal como verificado na Figura 4.7, Figura 4.8, Figura 4.9 e Figura 4.10.



Figura 4.7 - Correção da não conformidade de falta de identificação do PT2



Figura 4.8 - Correção de identificações incompletas e/ou incorretas de quadros



Figura 4.9 - Correção de identificações incompletas nas saídas dos quadros



Figura 4.10 - Correção da falta de identificação nas “CANALIS”

- **Ausências de proteção contra contactos diretos. Não garantia de proteção IP 2X** – As soluções encontradas para corrigir esta não conformidade foram, dependendo da situação, as seguintes: a colocação de placas isolantes e auto extingüíveis (Figura 4.11), a colocação de encravamentos para o acesso a partes em tensão ser só possível com a abertura do encravamento através de uma ferramenta (Figura 4.12), colocação de obturadores e em alguns casos a substituição por aparelhagem com proteção contra Contactos Diretos (CD).



Figura 4.11 - Colocação de barreira isolante, auto extingüível, para proteção CD

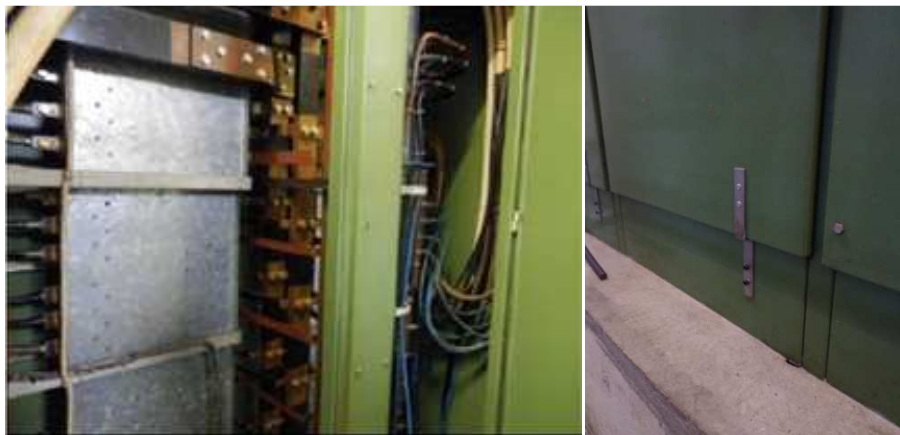


Figura 4.12 - Colocação de encravamento mecânico, para proteção contra CD

- **Ligações equipotenciais desligadas. Circuito terra de proteção interrompida –** A solução encontrada para esta não conformidade foi a elaboração de novas ligações equipotenciais nos locais onde as mesmas estavam danificadas (Figura 4.13).



Figura 4.13 - Elaboração de novas ligações equipotenciais

- **Quadros elétricos sem diagramas e/ou esquemas –** A solução encontrada foi, através do levantamento de todos os circuitos abastecidos pelos quadros elétricos e a aparelhagem instalada no quadro, a realização de novos esquemas e diagramas de quadros e a colocação dos mesmos junto dos quadros.

- **Quadros elétricos sem proteção diferencial. Não garantia de proteção contra contactos indiretos** – Os quadros elétricos de iluminação e tomadas em que a proteção diferencial tinha sido retirada foram rearranjados e foi colocada a devida proteção diferencial. Em alguns casos, de quadros mais danificados, foram mesmo substituídos por quadros novos, tal como no quadro da Figura 4.14.



Figura 4.14 - Substituição de QE sem proteção-diferencial.

- **Quadros elétricos com interiores sujos** – Estes quadros elétricos foram alvo de uma limpeza profunda para que no seu interior não se encontrasse nenhum objeto estranho ao funcionamento do mesmo (Figura 4.15).



Figura 4.15 - Elementos estranhos ao quadro Elétrico presentes no seu interior

- **Posto de Transformação 2 com terras distintas** – A terra de proteção da instalação (sistema TN) e a terra de proteção do Posto de Transformação confundem-se dentro do PT (Figura 4.16). Assim a solução encontrada foi o estabelecimento de uma terra única, mostrada na Figura 4.17.



Figura 4.16 - Terras distintas no PT2

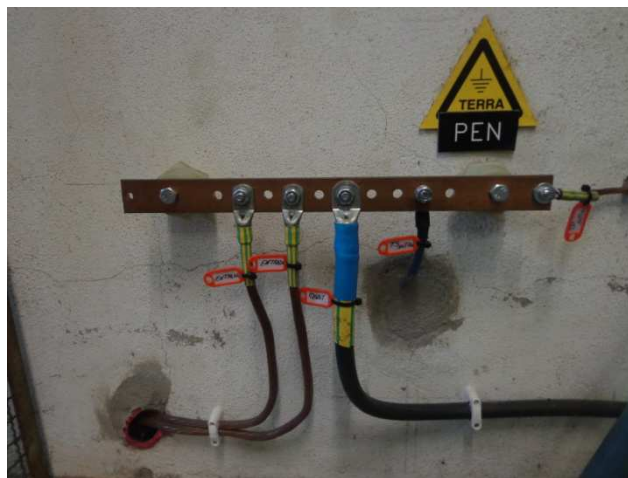


Figura 4.17 - Barramento de terra única no PT2

- **Canalizações danificadas** – em alguns casos os caminhos de cabos em esteira estavam soltos e destruídos tendo sido substituídos por caminhos de cabos novos para que no futuro não possam a causar problemas de maior.
- **Tomadas e luminárias partidas e/ou soltas** – a solução para esta não conformidade, exemplificada na Figura 4.18, foi a fixação das tomadas e luminárias que se encontravam soltas mas em bom estado e a substituição das luminárias e tomadas partidas por novas luminárias e tomadas.



Figura 4.18 - Tomada trifásica solta da parede

4.3.2 Verificação do Dimensionamento das Canalizações Elétricas Existentes

Para verificar o dimensionamento da instalação elétrica existente existem algumas ferramentas disponibilizadas por algumas empresas como o “Siemens Simaris” ou o “Schneider Electric Ecodial” que nos permitem projetar a instalação elétrica e perceber se a mesma está em conformidade com as regras ou não, mas neste documento, para efeitos de verificar o dimensionamento da instalação foi construído em “Microsoft Office Excel” uma tabela que, com base em valores previamente inseridos e com base nos programas existentes e através da recolha de informações e dados das normas e regulamentos em vigor, nomeadamente o RTIEBT, nos permite de uma forma mais simples verificar se determinado circuito e proteção do mesmo está dimensionado segundo as regras.

As tabelas elaboradas tem como objetivo, através da inserção dos dados da canalização elétrica, ou seja, o tipo de cabo, a secção nominal, o material condutor, o comprimento da cabo, entre outros, perceber se as condições definidas pelas normas e regulamentações em vigor estavam a ser cumpridas percebendo assim se os circuitos e as suas proteções se encontravam, ou não, bem dimensionadas. Para a verificação de todos os quadros elétricos e visto existirem quadros elétricos nos dois esquemas de ligação á terra, no TN-C e no TN-C-S optou-se pela realização de duas tabelas distintas para a verificação do dimensionamento das canalizações. Sendo que a tabela mais completa é a tabela dos quadros em esquema TN-C visto que a proteção contra contactos indirectos é realizada através da proteção contra sobrecargas em que o $I_{cc\ min}$ e o comprimento do cabo, L , são um aspeto de extrema importância.

Em anexo, anexo B, serão apresentadas as tabelas finais de verificação do dimensionamento dos circuitos elétricos do QGBT, servindo, esta verificação, de exemplo para todos os outros quadros elétricos, visto que o funcionamento da tabela para todos os quadros é o mesmo.

Com base nas tabelas elaboradas, a única não conformidade encontrada nos circuitos existentes no edifício 2 foi o não cumprimento da seguinte regra presente na secção 433.2 do RTIEBT:

$$I_2 \leq 1,45I_z.$$

Assim e como correções a esta não conformidade foram seleccionadas as seguintes soluções, de acordo com cada situação:

- No circuito de abastecimento da “CANALIS 6” a solução encontrada foi o aumento da secção do condutor, substituído assim o cabo de alimentação da mesma por um novo, passando de 2VV3x50+25mm² para LXV 3x1x120+120mm².
- Nos restantes circuitos em que existia esta não conformidade a solução encontrada foi a redução do calibre da proteção do circuito após se estudar o problema e perceber-se que a proteção existente se encontrava sobredimensionada, evitando assim o gasto monetário de novos cabos.

4.3.3 Verificação da Instalação Através de Ensaios

De forma a confirmar se toda a instalação elétrica se encontrava conforme as regras foram efetuados alguns ensaios, nomeadamente disparos de proteções diferenciais e medições de terras utilizando o equipamento “Chauvin Arnoux 6030”, apresentado na Figura 4.19, existente na Schaeffler Portugal S.A. confirmando-se assim o bom dimensionamento da instalação elétrica do edifício 2.



Figura 4.19 - Equipamento de testes Chauvin Arnoux 6030

De forma a verificar, no terreno, o bom dimensionamento das canalizações elétricas existentes no edifício 2 após a requalificação da instalação elétrica estar concluída, poder-se-ia, com recurso a uma câmara termográfica, fazer uma termografia geral á instalação elétrica de forma a perceber-se se todos os componentes de cada canalização elétrica se encontravam a funcionar dentro das temperaturas normais. Tal não foi possível dado não existir este tipo de equipamento nas instalações da Schaeffler Portugal S.A.

4.3.4 Conclusões do Caso de Estudo

Neste capítulo, foi visível o estado de incumprimento que uma instalação elétrica sem o devido acompanhamento e manutenção pode atingir.

Assim, é de importância capital para o bom funcionamento das indústrias que a sua instalação elétrica seja alvo de atenção especial para que as não conformidades que surjam ao longo do seu funcionamento sejam rapidamente identificadas e corrigidas permitindo assim que a indústria funcione na sua plenitude.

Com um acompanhamento de perto da instalação elétrica, o investimento para a manter num estado de conformidade é feito de uma forma gradual, levando também a que os gastos associados á sua manutenção sejam graduais e não um gasto avultado de uma só vez. Permite também, a uma minimização dos riscos associados a uma avaria e/ou falha que podem ser responsáveis por enormes prejuízos, como por exemplo um incêndio onde em ultimo caso se pode perder a totalidade da indústria.

É desta forma evidente, que os procedimentos a que levaram a instalação elétrica se encontrar num estado tão grave de não conformidade sejam alterados para que no futuro não se repita a mesma situação.

5. Conclusões

Uma instalação elétrica em perfeitas condições é a exigência necessária para usufruir de energia elétrica. A garantia dessa condição de uso é obtida com a instalação elétrica adequada e com a manutenção da mesma nas melhores condições. Tendo consciência dos riscos e possíveis prejuízos que uma empresa enfrenta aquando de uma falha associada á sua instalação elétrica, é necessário que as empresas apostem cada vez mais na manutenção preventiva dos equipamentos e infra-estruturas de uma instalação elétrica de forma a reduzirem o risco de ocorrência de falhas e minimizarem os perigos associados visto apenas dessa forma se consegue um processo de produção sem falhas melhorando a sua competitividade.

É ainda mais importante a fiabilidade da instalação elétrica em empresas de laboração contínua visto não existirem paragens, ou existirem poucas, para que se possa reparar e corrigir as não conformidades detetadas.

Contudo, há empresas que ainda olham, ou olharam durante um longo período, para a manutenção apenas como recurso e um desperdício económico, o que levou a uma degradação da sua instalação elétrica e como consequência a um aparecimento de todos os problemas que esse pensamento acarreta. Estas empresas quando se sensibilizam para este problema ou são abordadas pelas entidades competentes têm de ser alvo de uma requalificação profunda na sua instalação elétrica.

Existindo uma enorme variedade de equipamentos e sistemas, dependendo do tipo de indústria que a instalação elétrica serve, também as não conformidades e problemas que podem surgir são de uma grande abrangência, o que mesmo com experiência de requalificações elétricas, conhecendo assim de uma forma geral quais os principais pontos base para verificar e inspecionar e tendo rotinas adquiridas, torna-se necessário estudar e solucionar cada caso ao pormenor de acordo com a situação em que está inserido, não sendo assim possível, criar uma receita passo a passo para a resolução dos problemas e para a elaboração de uma requalificação de uma instalação elétrica industrial, no entanto, e como apresentado neste documento pode-se seguir uma linha orientadora, uma metodologia, para se chegar a uma solução para a requalificação da instalação elétrica industrial de uma forma mais simples e eficaz.

Através do caso de estudo, o edifício 2 da Schaeffler Portugal S.A., foi possível colocar em prática a linha orientadora definida no documento de forma a demonstrar a sua viabilidade e funcionalidade em processos de requalificação de instalações elétricas industriais. No futuro, a requalificação do edifício 1 da Schaeffler Portugal S.A. deve ser elaborada de forma a colocar a totalidade da instalação elétrica do complexo fabril em conformidade.

Deve também ser feito, através das entidades competentes, uma sensibilização às empresas de todos os perigos e riscos que uma instalação elétrica deficiente pode acarretar direta e indiretamente para o funcionamento das mesmas, bem como os gastos económicos que uma requalificação da totalidade da instalação elétrica tem em comparação com um acompanhamento de perto da instalação elétrica através de uma manutenção eficaz.

É de salientar também a ampliação, tanto quantitativa como qualitativa, dos conhecimentos do estagiário na área de instalações elétricas de indústrias durante todo o estágio na Schaeffler Portugal S.A., bem como, a todos os níveis exigidos pelo mercado de trabalho para um bom desempenho de pessoas e organizações, tais como, o trabalho em equipa, a comunicação, organização e sentido de responsabilidade.

Bibliografia

1. **RTIEBT.***Regras Técnicas de Instalações Eléctricas em Baixa Tensão.* s.l. : Direcção Geral de Energia e Geologia, 2006.
2. **Cotrim, Ademaro A. M. B.***Instalações Eléctricas - 4ª Edição.* São Paulo : Pearson Prentice Hall, 2003.
3. **Certiel.***Certificação das Instalações Eléctricas.* [Online] 2011. [Citação: 20 de 11 de 15.] <https://www.certiel.pt/web/certiel/certificacaoinstalacoes>.
4. **RSSPTS.***Regulamento de Segurança de Subestações e Postos de Transformação e Seccionamento.* s.l. : Direcção-Geral dos Serviços Eléctricos , 1977.
5. **Gomes, António Augusto Araújo e Pombeiro, Mário.** Instalações de utilização de energia eléctrica em baixa tensão executadas ao abrigo do RSIUEE e RSICEE. Medidas complementares de segurança. *Neutro à Terra - Revista Técnico Científica - Nº11.* 2013.
6. **Legrand.** Electrical Hazards and protecting persons. *Power Guide: A complete set of technical documentation.* 2009.
7. **GE Consumer & Industrial .***Catálogo Residencial - Dados técnicos - Protecção de pessoas.* 2009.
8. **Grupo de Acompanhamento do Regulamento da Qualidade de Serviço, Dinamizado pela ERSE.***Manual de Boas Práticas para Manutenção de Postos de Transformação de Cliente.* 2015.
9. **IEC 60 529:2013.***Degrees of protection provided by enclosures (IP code).* 2013.
10. **IEC 62 262:2002.***Degrees of protection provided by enclosures for electrical equipment.* 2002.
11. **Mário Brito / Eurisko – Estudos, Projectos e Consultoria, S.A.***Manual Pedagógico PRONACI - Manutenção.* 2003.
12. **Silva, Henrique Ribeiro da.** Projecto de postos de transformação - 1ª Parte. *O Electricista - revista técnico-profissional.* Porto : s.n.

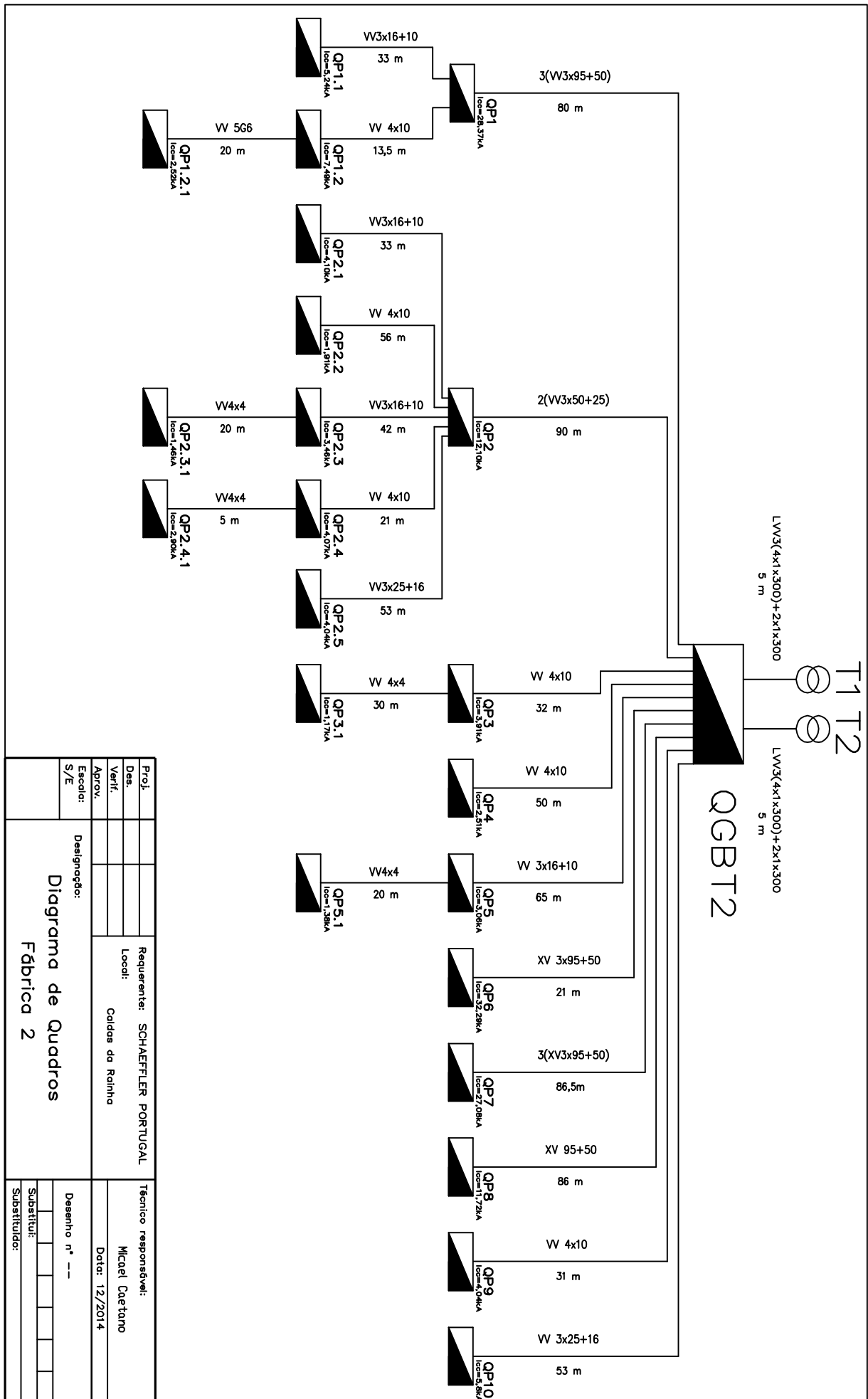
13. **Iberinstal.** Iberinstal . *Iberinstal* . [Online] [Citação: 12 de 12 de 2015.] <http://www.iberinstal.pt/Servi%C3%A7os/Instala%C3%A7%C3%B5esEl%C3%A9ctricas/QuadrosEl%C3%A9ctricos.aspx>.

14. **Legrand.** Dimensionamento de condutores e especificações dos dispositivos de protecção. *Power Guide: Um conjunto completo de documentação técnica*. 2012.

Anexos

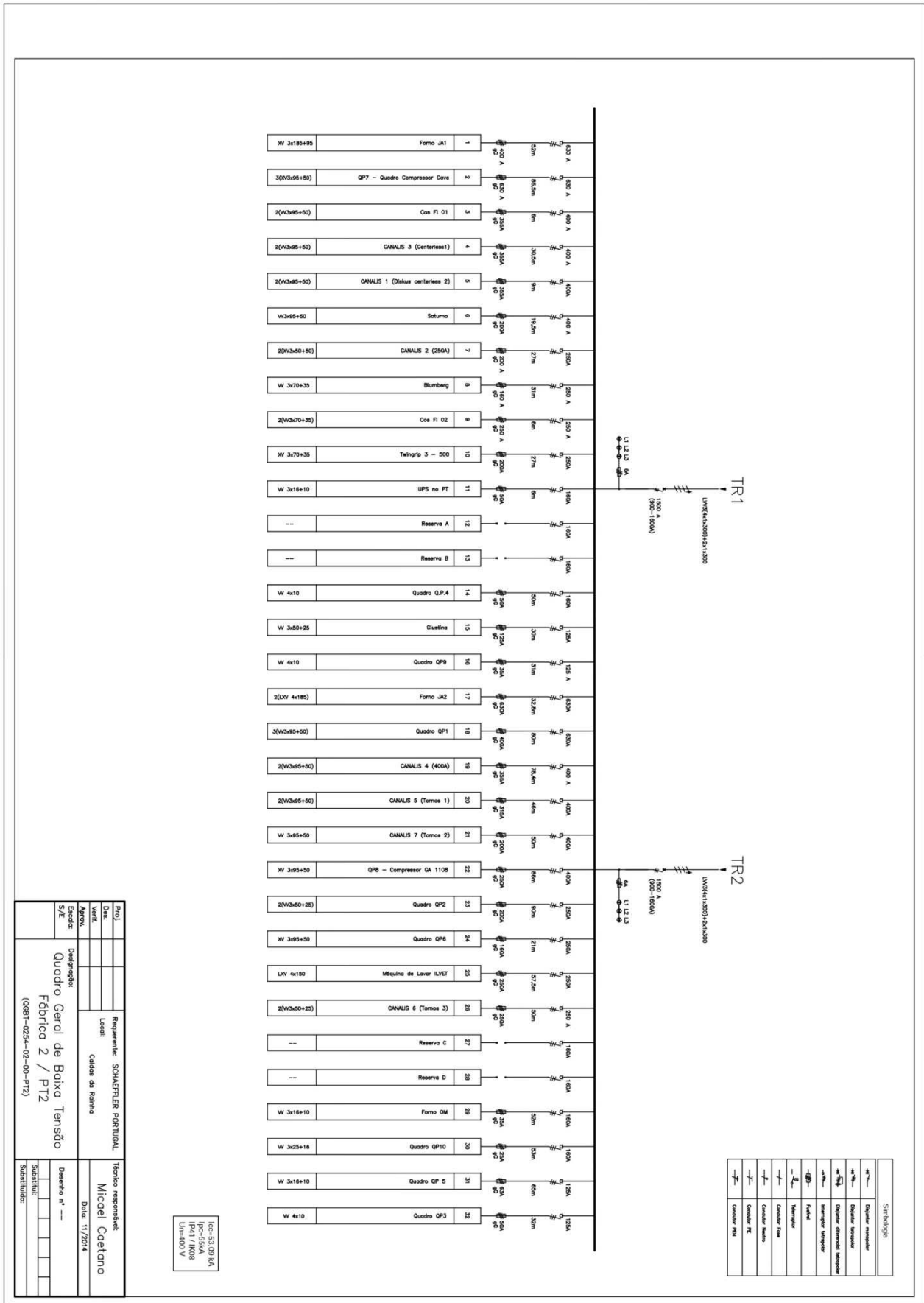
Anexo A

Diagrama de Quadros do Edifício 2 da Schaeffler
Portugal S.A.



Anexo B

Esquema Unifilar do QGBT do Edifício 2 da
Schaeffler Portugal S.A.

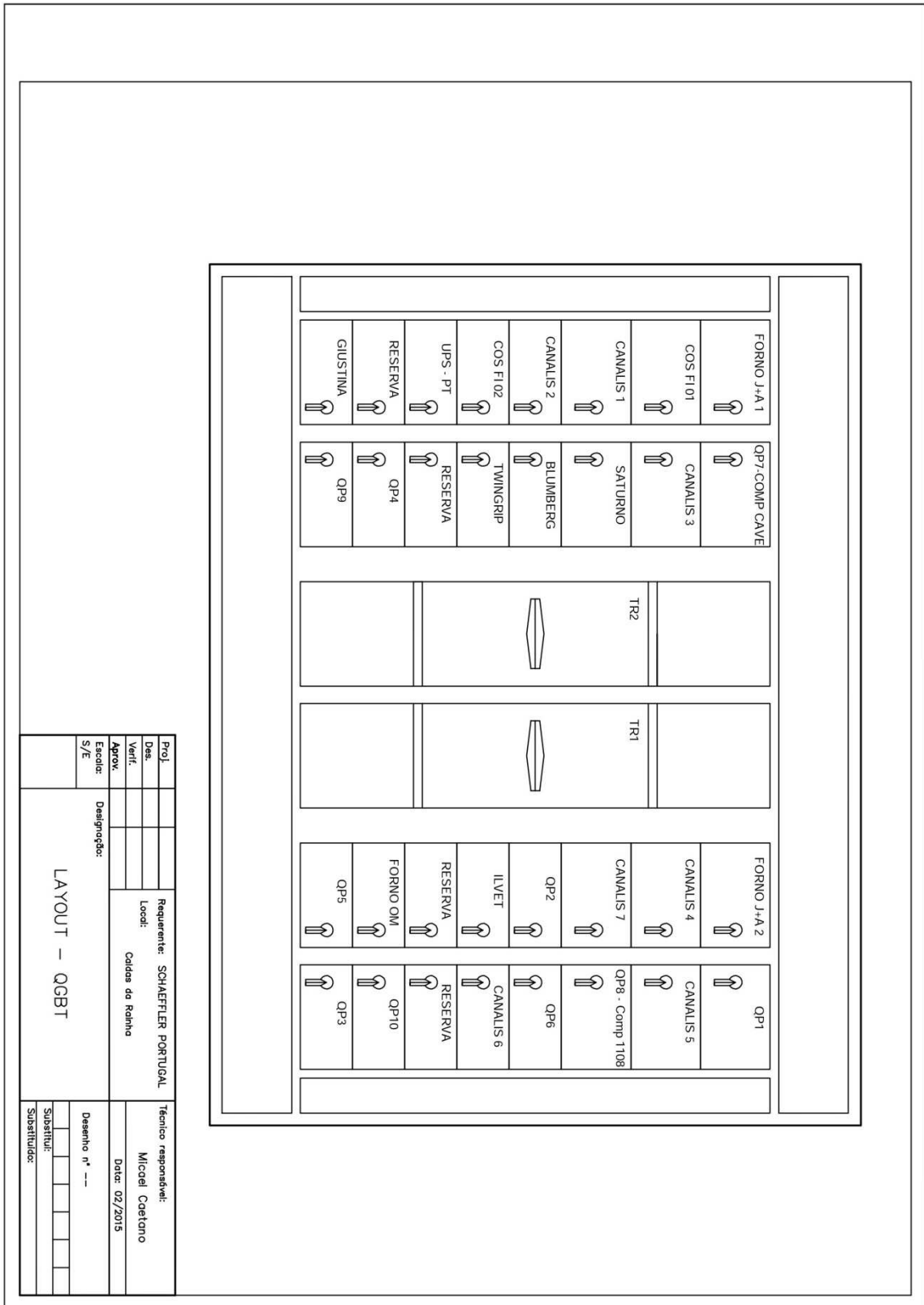


Proj.		Requerente:	SCHAEFLER PORTUGAL	Tecnico responsavel:	Miguel Coetimo
Data:		Local:	Caldas de Rainha	Data:	11/2014
Verif.					
Aprov.					
Encad.		Designação:	Quadro Geral de Baixa Tensão	Desenho nº	---
S/E		Fábrica 2 / PT2		Substitui:	
		(QGB1-0254-02-00-PT2)		Substituido:	

IGC-53.09 KA
IGC-556A
IPE417/R08
UM=100 V

Anexo C

Layout do QGBT do Edifício 2 da Schaeffler Portugal
S.A.



Anexo D

Tabelas de Verificação do Dimensionamento das
Canalizações Elétricas do Edifício 2 da Schaeffler
Portugal S.A. em Microsoft Excel

CORRENTE DE CURTO-CIRCUITO MAX PT		
<p>REDE</p> <p>Scc (Max) <input type="text" value="500"/> MVA</p> <p>U1 <input type="text" value="30000"/> V</p> <p>U2 <input type="text" value="400"/> V</p> <p><i>Impedância de C.C. da Rede</i> 0,000352 Ω</p> <p><i>Reactância da Rede</i> 0,00035024 Ω</p> <p><i>Resistência da Rede</i> 0,000035024 Ω</p>	<p>TRANSFORMADOR(ES)</p> <p>Numero de Transformadores em Paralelo <input type="text" value="2"/></p> <p>Tensão de Curto Circuito <input type="text" value="5"/> %</p> <p>Potência do transformador <input type="text" value="1000"/> KVA</p> <p><i>Impedância de C.C. do Transformador</i> 0,008 Ω</p> <p><i>Reactância de um Transformador</i> 0,008 Ω</p> <p><i>Resistência de um Transformador</i> 0 Ω</p>	<p>Impedância Total (desde a origem)</p> <p>0,004350381 Ω</p> <hr/> <p>Icc nos Terminais do(s) Transformador(es)</p> <p><u>53,09</u> kA</p>
CORRENTE DE CURTO-CIRCUITO MIN PT		
<p>REDE</p> <p>Scc (Max) <input type="text" value="150"/> MVA</p> <p>U1 <input type="text" value="30000"/> V</p> <p>U2 <input type="text" value="400"/> V</p> <p><i>Impedância de C.C. da Rede</i> 0,001013333 Ω</p> <p><i>Reactância da Rede</i> 0,001008267 Ω</p> <p><i>Resistência da Rede</i> 0,000100827 Ω</p>	<p>TRANSFORMADOR(ES)</p> <p>Numero de Transformadores em Paralelo <input type="text" value="2"/></p> <p>Tensão de Curto Circuito <input type="text" value="5"/> %</p> <p>Potência do transformador <input type="text" value="1000"/> KVA</p> <p><i>Impedância de C.C. do Transformador</i> 0,008 Ω</p> <p><i>Reactância de um Transformador</i> 0,008 Ω</p> <p><i>Resistência de um Transformador</i> 0 Ω</p>	<p>Impedância Total (desde a origem)</p> <p>0,005009281 Ω</p> <hr/> <p>Icc nos Terminais do(s) Transformador(es)</p> <p><u>46,10</u> kA</p>

