



isec
Engenharia

DEFINITIVO

MESTRADO EM ENGENHARIA
ELETROTÉCNICA

**Avaliação e Manutenção de uma
Instalação Elétrica Industrial - Estágio na
ANSELL**

Autor

Manuel Jorge Soares Simão Álvaro

Orientadores

Doutor Adelino Jorge Coelho Pereira

Doutora Rita Manuela da Fonseca Monteiro Pereira

INSTITUTO POLITÉCNICO
DE COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA
DE COIMBRA

Coimbra, março 2021



isec

Engenharia

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
ELETROTÉCNICA

Avaliação e Manutenção de uma Instalação Elétrica Industrial - Estágio na ANSELL

Relatório de Estágio de Natureza Profissional para a obtenção do
grau de Mestre em Engenharia Eletrotécnica

Especialização em Automação e Comunicações em Sistemas de
Energia

Autor

Manuel Jorge Soares Simão Álvaro

Orientadores

Doutor Adelino Jorge Coelho Pereira

Doutora Rita Manuela da Fonseca Monteiro Pereira

Supervisor na empresa

Marco António Cravinho Roxo Ansell Portugal

INSTITUTO POLITÉCNICO
DE COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA
DE COIMBRA

Coimbra, março 2021

Agradecimentos

Dedico esta página a todos os que estiveram sempre ao meu lado e me apoiaram durante estes cinco anos de estudo no ISEC.

Aos meus pais por sempre apostarem em mim, por sempre terem acreditado em mim, sempre me apoiarem nas situações mais adversas e pelo esforço financeiro de estudar longe de casa.

À Ansell Portugal, na pessoa do Eng. Marco Roxo e restantes colaboradores da empresa pela disponibilidade, boa disposição e auxílio durante todos os trabalhos realizados.

Aos meus professores orientadores Adelino Pereira e Rita Pereira por toda a disponibilidade, paciência e atenção prestada durante o estágio e elaboração do relatório.

A todos os professores que ao longo destes anos me ajudaram a assimilar vários conhecimentos sobre diferentes temáticas.

A todos os meus restantes familiares e aos meus amigos que me acompanharam nos momentos bons e maus desta vida académica.

E por fim, quero agradecer à minha namorada, Catarina, por todo o carinho e força que me deu.

A todos os demais o meu sincero, obrigado!

Resumo

Este relatório tem como objetivo descrever o percurso efetuado durante a realização do estágio na empresa Ansell Portugal.

O mercado principal da Ansell Portugal é o fabrico de luvas de trabalho. Oferecendo várias soluções para diversos problemas, como por exemplo, luvas anti estáticas e anti corte. Os trabalhos executados durante o estágio estão relacionados com a avaliação e manutenção da instalação elétrica da Ansell Portugal. Destacando-se os trabalhos realizados a nível da termografia, da análise da qualidade de serviço da instalação elétrica e da manutenção das terras de serviço e de proteção dos postos de transformação.

A termografia é uma técnica de inspeção não invasiva e não destrutiva indispensável na manutenção industrial, bem como na avaliação das instalações elétricas. Com a informação adquirida é possível monitorizar e diagnosticar problemas muitas vezes ocultos e de difícil deteção.

A falta de Qualidade de Energia Elétrica nas instalações industriais pode provocar inúmeras interferências indesejáveis, pondo em causa a qualidade do produto final, assim como, a continuidade do processo produtivo.

A utilização da câmara termográfica e do analisador de rede elétrica foram fundamentais para avaliar o funcionamento da instalação elétrica da fábrica.

Palavras chave: análise da qualidade de energia elétrica, manutenção das terras, manutenção de instalações elétricas, termografia.

Abstract

This report aims to describe the path taken during the internship at Ansell Portugal.

Ansell Portugal's main market is the manufacture of work gloves. Offering various solutions to various problems, such as anti-aesthetic and anti-cut gloves. The work performed during the internship is related to the evaluation and maintenance of the electrical installation of Ansell Portugal. Highlighting the work carried out in terms of thermography, analysis of the quality of service of the electrical installation and maintenance of the service lands and protection of the transformation posts.

Thermography is a non-invasive and non-destructive inspection technique indispensable in industrial maintenance, as well as in the evaluation of electrical installations. With the information acquired, it is possible to monitor and diagnose problems that are often hidden and difficult to detect.

The lack of Electric Power Quality in industrial installations can cause numerous undesirable interferences, jeopardizing the quality of the final product, as well as the continuity of the production process.

The use of the thermal imager and the electrical network analyzer were fundamental to evaluate the operation of the factory's electrical installation.

Key-words: analysis of the electrical network, grounds maintenance servisse and protection, maintenance of electrical installations, thermography

Índice

Agradecimentos	i
Resumo	ii
Abstract	iii
Índice de figuras	vi
Índice de tabelas	viii
Simbologia e abreviaturas	ix
1 Introdução	1
1.1 Enquadramento do trabalho	1
1.2 Objetivos	2
1.3 Organização do relatório de estágio	2
2. Apresentação da Empresa Ansell Healthcare	5
3. Manutenção da Instalação elétrica	11
3.1 Fontes de alimentação ininterrupta	14
3.1.1 UPS instaladas	19
3.2 Gerador de Emergência	21
3.3 Esquemas elétricos	23
3.4 Aplicação da termografia como técnica de apoio à inspeção e manutenção industrial	26
3.4.1 Aspetos a ter em consideração numa inspeção termográfica.	27
3.4.2 Aplicação da termografia como técnica de apoio à manutenção	28
3.5 Aplicação de termográfica nas Instalações Elétricas	28
3.5.1 Ligações desapertadas ou deterioradas	28
3.5.2 Sobrecargas	29
3.5.3 Desequilíbrio de fases	30
3.6 Termografia	31
3.7 Espectro eletromagnético	31
3.8 Teoria da radiação	32
3.8.1 Lei Stefan-Boltzmann	32
3.8.2 Lei de Planck.....	33
3.8.3 Lei de Wien	34
3.9 Leis da radiação para emissores	34
3.10 Utilização da câmara	36
3.11 Software	37

3.12	Caso prático	38
3.13	Perdas por efeito Joule	40
3.14	Primeira análise termográfica	40
3.15	Segunda análise termográfica	45
3.16	Erros nas medições	50
3.18	Conclusão	52
4	Qualidade de Energia Elétrica na Instalação Industrial	53
4.1	Qualidade de Energia Elétrica	53
4.2	Perturbações da QEE.....	54
4.2.1	Interrupções longas e breves	54
4.2.2	Cavas de tensão	55
4.2.3	Sobretensões transitórias	56
4.2.4	Flutuações de tensão	58
4.2.5	Distorções harmónicas	59
4.2.6	Desequilíbrios de tensão	61
4.3	Análise à Instalação Elétrica Industrial	62
4.3.1	Software utilizado para analisar a informação recolhida pelo analisador...	63
4.3.2	Caso prático	64
4.4	Realização dos esquemas de quadros elétricos	70
4.5	Medição de terras	72
4.6	Sistemas de terra	73
4.6.1	Regime TT	73
4.6.2	Regime TN	73
4.6.3	Regime IT	74
4.7	Caso prático	75
4.8	Conclusão	78
5	Conclusões	79

Índice de figuras

Figura 2.1-Maiores segmentos de mercado (Internet).....	5
Figura 2.2- Zona da empresa Ansell Portugal	6
Figura 2.3-Breve perspetiva da história da Ansell Portugal	6
Figura 2.4-Extração do látex (Internet).....	7
Figura 2.5-Planta da fábrica	7
Figura 2.6- Luvas fabricas na zona Hyflex	8
Figura 2.7- a)Luva de kevelar, b) mangas anti corte	9
Figura 3.1-Cabine do posto de seccionamento	12
Figura 3.2-Aparelhagem modular para alimentação dos PT's	12
Figura 3.3-Transformador	12
Figura 3.4-Chapa característica do transformador 2	13
Figura 3.5-Chapa característica do transformador 1	13
Figura 3.6-Sala do quadro geral	13
Figura 3.7-Esquema da UPS (Rasmussen, 2010).....	14
Figura 3.8-Diagrama de blocos do modelo Standby (Offline) UPS (Rasmussen, 2010)	15
Figura 3.9-Diagrama de blocos do modelo UPS Standby - Ferro (Rasmussen, 2010).....	16
Figura 3.10-Diagrama de blocos da UPS Line Interactive (Rasmussen, 2010).....	17
Figura 3.11-Diagrama de blocos do modelo UPS Double – Conversion online (Rasmussen, 2010).....	18
Figura 3.12-Diagrama de blocos do modelo UPS Delta - Converison Online (Rasmussen, 2010).....	19
Figura 3.13-Esquema de alimentação das UPS's de 800 kVA	20
Figura 3.14-Esquema de ligação da UPS's de 400 kVA	21
Figura 3.15-Gerador de emergência	22
Figura 3.16-Planta da fábrica em AutoCAD	24
Figura 3.17-Disposição dos quadros elétricos da máquina 2 antes da alteração	25
Figura 3.18-Disposição dos quadros elétricos da máquina 2 depois da alteração	25
Figura 3.19-Exemplo de ligações desapertadas ou deterioradas [DMC]	29
Figura 3.20-Exemplo de sobrecarga [DMC]	29
Figura 3.21-Exemplo de desequilíbrio entre fases [DMC]	30
Figura 3.22-Comprimento de onda (Internet)	31
Figura 3.23-Espectro eletromagnético (Internet)	32
Figura 3.24-Intensidade da radiação (Internet)	33
Figura 3.25-Formas de refração (Santos, 2012).....	35
Figura 3.26-Esquema da câmara termográfica (Santos, 2012).....	36
Figura 3.27-Campo de visão instantâneo (Santos, 2012).....	37
Figura 3.28-Software Testo	38
Figura 3.29- a) Termómetro térmico e b) Câmara termográfica	39
Figura 3.30-Chave Dinamométrica	41
Figura 3.31-Quadro de comando sobre análise	42
Figura 3.32-Disjuntor sobre análise pormenorizada	42
Figura 3.33-Exemplo do disjuntor sobre análise	43
Figura 3.34-Quadro de comando sobre análise	44
Figura 3.35-Exemplo de disjuntor térmico sobre análise	44
Figura 3.36- Disjuntor térmico sobre análise pormenorizada	45

Figura 3.37-Análise ao quadro de comando	46
Figura 3.38-Disjuntor sobre análise pormenorizada	47
Figura 3.39-Disjuntor térmico sobre análise	48
Figura 3.40-Disjuntor térmico sobre análise detalhada	48
Figura 3.41-Imagem termográfica do transformador da zona 1	49
Figura 3.42-Imagem termográfica do transformador dos sectores 15 a 18	49
Figura 3.43-Erro de leitura num disjuntor térmico.....	50
Figura 3.44-Autómatos em análise	51
Figura 3.45-Exemplo de reflexo num corpo com pouca emissividade	51
Figura 4.1-Exemplo de Interrupção breve na onda	55
Figura 4.2-Cavas de tensão (Rocha, 2016).....	55
Figura 4.3-Características típicas de sobretensões nas redes elétricas [Séraudie, 1999].....	56
Figura 4.4-Tipos de transitórios	57
Figura 4.5-Flutuações de tensão (Roger, 2004).....	58
Figura 4.6-Tipos de harmónicos [Séraudie, 1999].....	59
Figura 4.7-Desequilíbrios entre fases	61
Figura 4.8-a) Pinça de corrente, b) Pinça de tensão	62
Figura 4.9-Modo de ligação	63
Figura 4.10-Software utilizado para obtenção das ondas	63
Figura 4.11-Equipamento usado nas análises.....	64
Figura 4.12-Esquema de ligação	64
Figura 4.13-Frequência	65
Figura 4.14-Onda de corrente da primeira fase	65
Figura 4.15-Onda da potência aparente	66
Figura 4.16-Onda de corrente da primeira fase	67
Figura 4.17-Onda de corrente da segunda fase	67
Figura 4.18-Onda da corrente da terceira fase	68
Figura 4.19-Ondas de corrente das três fases	69
Figura 4.20-Ondas de correntes das três fases detalhada	69
Figura 4.21-Software EPLAN	70
Figura 4.22-Exemplo de quadro elétrico com diferencial	71
Figura 4.23-Quadro elétrico construído em EPLAN	71
Figura 4.24-Esquema em TT (RTIEBT, 2006).....	73
Figura 4.25-Esquema do regime TN-C (RTIEBT, 2006).....	73
Figura 4.26-Esquema do regime TN-S (RTIEBT, 2006).....	74
Figura 4.27-Esquema do regime TN-C-S (RTIEBT, 2006).....	74
Figura 4.28-Esquema do regime IT (RTIEBT, 2006).....	75
Figura 4.29-Equipamento utilizado para as medições de terras	75
Figura 4.30-Eléctrodo de terra	76
Figura 4.31-Medição da terra de serviço	76
Figura 4.32-Esquema do método 3P (Pita F. J. 2016).....	76
Figura 4.33-Teste na tomada	77
Figura 4.34-Esquema do método de análise pela tomada (Pita F. J. 2016).....	77

Índice de tabelas

Tabela 2-1-Identificação dos diferentes setores da fábrica.....	8
Tabela 3-1-Chapa de características do gerador de emergência.....	23
Tabela 3-2-Características da câmara termográfica	39
Tabela 3-3-Informação da medição do Q.C.L07.3	41
Tabela 3-4-Informação da medição do Q.C.LP01.1	43
Tabela 3-5-Informação da medição do Q.C.LP07.3	46
Tabela 3-6-Informação de medição do Q.C.LP01.1	47
Tabela 4-1-Causas, efeitos e soluções nas interrupções	54
Tabela 4-2-Causas, efeitos e soluções nos transitórios	57
Tabela 4-3-Causas, efeitos e soluções para as flutuações de tensão	59
Tabela 4-4-Causas, efeitos e soluções nos harmónicos.....	60
Tabela 4-5-Causas, efeitos e soluções para os desequilíbrios de tensão	61

Simbologia e abreviaturas

A	- Ampere
AC	- <i>Alternate current</i>
B	- Constante de radiação
c	- Constante da velocidade da luz
C	- Celcius
DC	- <i>Direct current</i>
E	- Valor da radiância total
FOV	- <i>Field of View</i>
h	- Constante de Planck
Hz	- Frequência
IFOV	- <i>Instantaneous Field of View</i>
J.s	- Joules vezes segundos
J/K	- Joules por Kelvins
K	- Kelvins
K	- Constante de Boltzman
km/s	- Kilometro por segundo
kV	- Kilo Volt
kVA	- Kilo Volt Ampere
kW	- Kilo Watt
m	- Metros
MIFOV	- <i>Measuring Instantaneous Field of View</i>
mK	- Milikelvin
mm	- Milímetros
mrاد	- Miliradianos
m²	- Metro ao quadrado
m/s	- Metro por segundo
MT	- Média tensão
PAT	- <i>Power Analyser Transfer</i>
PS	- Posto de seccionamento
PT	- Posto de transformação
PVC	- Policloreto de vinila
QEE	- Qualidade da Energia Elétrica

RTIEBT - Regras Técnicas das Instalações Eléctricas de Baixa Tensão

SPD - *Surge Protection Device*

T - Temperatura absoluta

UPS - *Uninterruptible Power Suplly*

V - Volt

VEV - Variador eléctrico de velocidade

XLPE - Polietileno reticulado

W - Watt

W/m² - Watt por metro quadrado

W/m²K⁴ - Watt por metro quadrado kelvin à quarta

α - Radiação Absorvida

γ - Radiação Transmitida

λ - Lambda

μ - Pico

ρ - Radiação Refletida

σ - Constante de Stefan

Ω - Ohm

1 Introdução

1.1 Enquadramento do trabalho

A monitorização da qualidade da Energia Elétrica é uma mais-valia para o bom funcionamento das instalações elétricas industriais, permitindo a identificação e prevenção de incidentes.

Numa unidade fabril as instalações elétricas devem estar em boas condições de funcionamento e segurança para evitar riscos de acidentes, sendo a eletrocussão de pessoas e os incêndios aqueles que se devem evitar a todo o custo pela gravidade em perdas de vidas humanas e bens. Para salvaguardar estas perdas é necessário efetuar a manutenção das instalações elétricas. Por exemplo com a ajuda de uma câmara termográfica e do analisador da rede elétrica é possível investigar as instalações elétricas averiguando se existe algum problema que seja essencial reparar.

Para a termográfica é preciso compreender que, a propriedade física usada é a temperatura. Variações de temperatura inesperadas podem indicar falhas de projeto, fabricação deficiente ou componentes danificados. Temperaturas excessivas aparecem pouco tempo antes da falha, como por exemplo, em motores elétricos, transformadores ou componentes eletrónicos, sendo que a sua eficiência operacional diminui à medida que a temperatura aumenta.

Neste aspeto, a termografia destaca-se como uma das técnicas mais importantes no diagnóstico de anomalias em dispositivos elétricos. Geralmente, o sobreaquecimento de um equipamento em níveis anormais para sua operação é o primeiro indicativo de defeito. Com a termografia é possível realizar medições da temperatura superficial de componentes sem contato físico com a instalação (segurança), verificar equipamentos em pleno funcionamento (sem interferência na produção) e inspecionar grandes superfícies em pouco tempo (alto rendimento), identificando com enorme sucesso possíveis pontos de falhas nos sistemas de distribuição de energia elétrica (Araújo, Barbosa e Siniscalchi, 2008), (Korendo & Florkowski, 2001).

Mesmo com uma instalação elétrica em boas condições, se a Qualidade de Energia Elétrica (QEE) não for boa, não é possível haver um funcionamento fluido na

unidade industrial, assim é fundamental que haja uma boa QEE, para não haver falhas de equipamentos ou perdas no sistema elétrico.

Estes distúrbios que ocorrem nos sistemas, podem provocar inúmeras interferências indesejáveis, distorções em equipamentos de medição, podendo chegar até mesmo a interrupção do fornecimento de energia. Tudo isto resulta em um efeito económico não desprezível, implicando prejuízos tanto para os operadores das redes assim como aos consumidores. Atualmente com uma maior utilização de equipamentos eletrónicos, exige-se cada vez mais qualidade na energia elétrica fornecida pelos operadores da rede.

1.2 Objetivos

O estágio na Ansell Portugal, teve como objetivo realizar o primeiro contacto com o meio empresarial podendo assim colocar em prova tudo aquilo que aprendi no meu percurso académico, tendo a possibilidade de aprender e adquirir competências novas. No estágio foi possível usar diversos *softwares*, tais como, o *Autocad*, o *EPLAN Eletrical P8* e o *Testo*. Um dos objetivos deste trabalho consiste em estudar e monitorizar os parâmetros de qualidade de energia elétrica da unidade industrial da Ansell, bem como inspecionar as instalações elétricas dessa unidade industrial. Para a monitorização da qualidade de energia elétrica e para a inspeção das instalações elétricas utilizou-se um analisador de qualidade de energia elétricas que permite um conjunto extensivo de medições, como, correntes de fase, valores eficazes, harmónicos, tremulação da tensão, cavas de tensão, sobretensões, etc. e uma câmara termográfica.

1.3 Organização do relatório de estágio

Este relatório de estágio está dividido em cinco capítulos, tal como se sintetiza seguidamente:

- O primeiro capítulo apresenta o enquadramento ao relatório de estágio, os objetivos e a organização do mesmo;
- O segundo capítulo contém a apresentação da empresa onde foi realizado o estágio;

- O terceiro capítulo descreve a manutenção da instalação elétrica da unidade industrial, a revisão bibliográfica da termografia e o caso prático aplicado;
- O quarto capítulo descreve a qualidade de energia elétrica na unidade industrial, a revisão bibliográfica sobre a qualidade de energia elétrica, o caso prático e outros trabalhos realizados;
- O quinto capítulo apresenta as principais conclusões associadas à realização do estágio;
- O final deste trabalho é constituído pelas referências bibliográficas.

2. Apresentação da Empresa Ansell Healthcare

A Ansell Healthcare é uma empresa multinacional que se foca no fabrico de luvas e mangas, que conferirão a proteção pretendida em função da atividade realizada.

Na Figura 2.1 é possível observar que os maiores segmentos de mercado são os Estados Unidos com 43% seguido pela Europa, Médio Oriente e África com 33%. O grupo produz equipamentos de proteção para três grandes setores: industrial, onde são fabricados fatos e luvas para proteção química, mecânica, contacto alimentar, entre outros; cuidados de saúde, fabricando luvas para cirurgia e exames médicos e o setor ciências da vida, com proteção de corpo e mãos para biotecnologia, farmacêutica, laboratórios, etc.

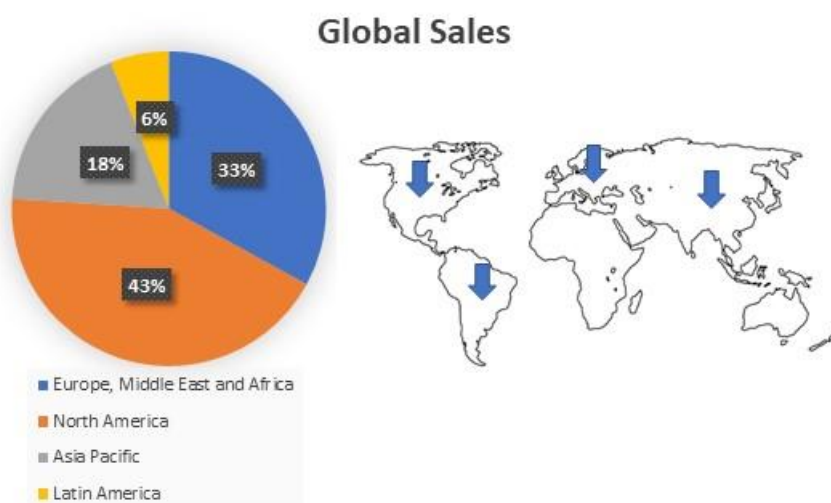


Figura 2.1-Maiores segmentos de mercado (Internet)

A Ansell Healthcare tem em conta os seguintes valores:

- Integridade
- Criatividade
- Agilidade e credibilidade
- Paixão
- Envolvimento
- Trabalho equipa
- Excelência

A Ansell Portugal situa-se em Vila Nova de Poiares, no distrito de Coimbra desde 1989, estando focada na produção de luvas têxteis tricotadas e luvas em suporte têxtil

revestidas, tais como: luvas de trabalho; luvas industriais com isolamento para eletricitistas e luvas para soldadores. Na figura 2.2 é apresentado a zona de implementação da Ansell.

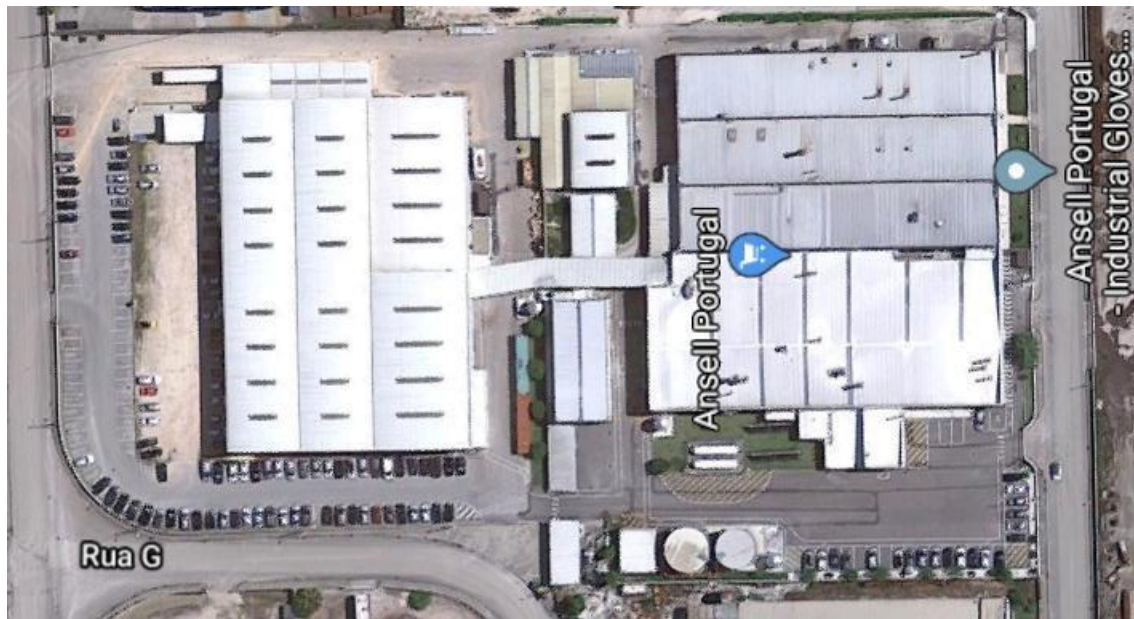


Figura 2.2- Zona da empresa Ansell Portugal

Na figura 2.3 é apresentada uma breve perspetiva da história da Ansell Portugal.

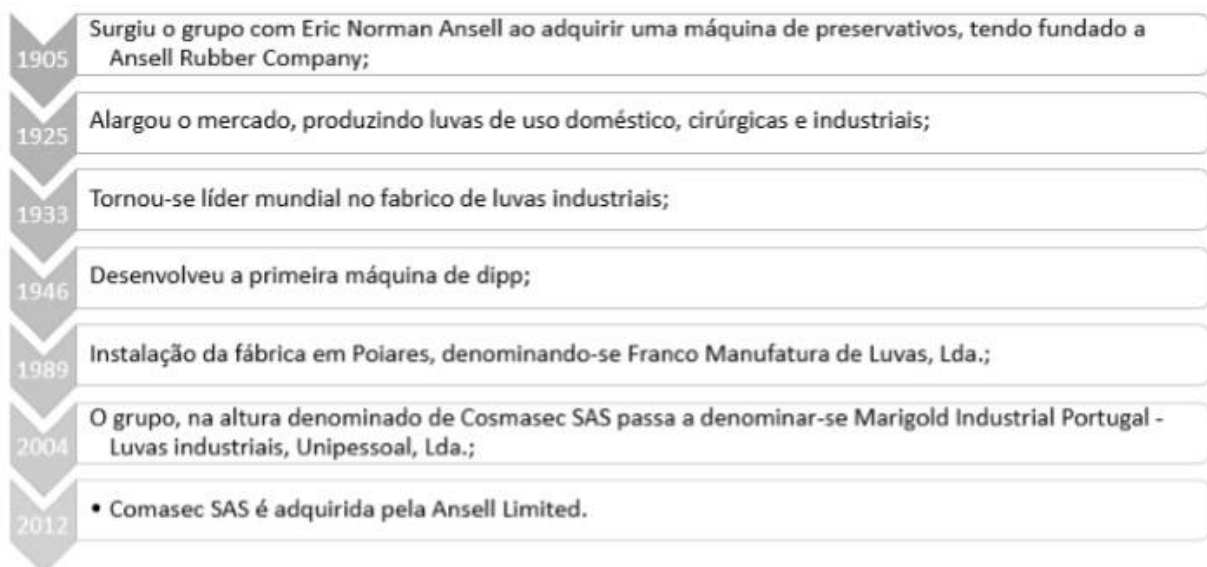


Figura 2.3-Breve perspetiva da história da Ansell Portugal

Na Ansell Portugal as luvas em suporte têxtil são revestidas com um composto, maioritariamente constituído por borracha, o látex, que pode ser natural ou sintético. O primeiro começou a ser usado na América e em África, sendo extraído de árvores tropicais, na sua maioria seringueiras, como se pode observar na figura 2.4, ferindo a árvore e removendo o líquido esbranquiçado (látex).



Figura 2.4-Extração do látex

A área ocupada pela empresa Ansell é de 21 615 m², sendo composta por duas zonas distintas e quatro setores, tal como se pode observar na Figura 2.5, a Zona Hycron, a Zona HyFlex, o setor da costura, o setor do Covering, o setor do armazém, e por fim, o setor da tricotagem. Na tabela 2.1 é apresentada a respetiva identificação de cada área da fábrica.



Figura 2.5-Planta da fábrica

Tabela 2-1-Identificação dos diferentes setores da fábrica

Zona 1	Nitrotough area	Sector 10	LP04
Setor 2	Escritórios principais	Sector 11	LP07
Sector 3	LP03	Sector 12	Embalamento
Sector 4	LP02	Sector 13	Oficina
Sector 5	LP01	Sector 14	ETAR
Sector 6	LAB	Sector 15	Tricotagem
Sector 7	R&D	Sector 16	<i>Covering</i>
Sector ¹	Qualidade	Sector 17	Costura
Zona 9	Seamless area	Sector 18	Armazém

A zona *Hycron* ou *Nitrotough area* (zona 1) é constituída pelos escritórios principais, onde é possível encontrar o setor dos recursos humanos, a parte financeira e o departamento de informática. Na zona 1, (tabela 2.1), encontram-se as três máquinas principais a LP01, LP02, LP03, as quais fazem luvas banhadas a latex, um laboratório, onde se realizam experiências com os diversos compostos, o departamento de pesquisa e desenvolvimento e o departamento de controlo de qualidade.

Na zona *HyFlex* ou *Seamless area* (zona 9) encontram-se as máquinas LP04 e LP07, que são as duas máquinas principais da unidade industrial e a zona de empacotamento. Na figura 2.6 é possível visualizar dois tipos de luvas que são fabricadas na zona 9.



Figura 2.6- Luvas fabricas na zona Hyflex

Os sectores 13 e 14 da tabela 2.1, identificam o departamento de manutenção e a estação de tratamentos de águas residuais.

Na parte referente aos sectores, 15 a 18 da tabela 2.1, encontra-se a zona da tricotagem, onde são produzidos diferentes tipos de luvas, como a luva de kevelar, mangas anti corte (figuras 2.7 a) e b) respetivamente). A unidade industrial tem um sector, sector 16, que é conhecida como Covering, onde é realizado o entrelaçamento dos fios que são usados para a concretização de certas luvas. No pavilhão ao lado é o sector da costura, sector 17, onde as luvas são analisadas ao pormenor para corrigir algum defeito e dar o acabamento necessário para poderem ser embaladas e levadas para o armazém.



a)



b)

Figura 2.7- a) Luva de kevelar, b) mangas anti corte

3. Manutenção da Instalação elétrica

Um plano de manutenção das instalações elétricas deve ser ponderado e adequado às características e exigências da instalação em questão. É preciso ter o cuidado da forma como é estruturado, quais as medidas a adotar e qual a periodicidade das intervenções a considerar de modo a aumentar a fiabilidade dos serviços e a eficiência energética.

Manutenção é, portanto, a atividade que consiste em efetuar as operações de desmanagem, lubrificação, inspeção, reparação, modificação, entre outras, que permitem conservar o potencial do material para assegurar a continuidade e a qualidade dos equipamentos. E ainda, para se poder considerar uma boa manutenção, há que assegurar estas operações de manutenção, mas a um custo adequado de modo a minimizar o custo global (Duro, 2016). De forma resumida, podem definir-se como objetivos da manutenção:

- Manter os equipamentos num estado de funcionamento seguro e eficiente;
- Manter os equipamentos com uma disponibilidade adequada;
- Manter os equipamentos com uma fiabilidade adequada;
- Reduzir ao mínimo os custos totais, em coerência com os objetivos anteriores.

Atualmente a termografia, técnica bastante utilizada na inspeção de componentes e sistemas industriais é cada vez mais aceitável nas indústrias. A redução nas falhas catastróficas e nos prejuízos associados tem melhorado as técnicas de inspeção e manutenção preditiva (Rangel, 2010). Neste capítulo irá ser abordado a instalação da unidade industrial e o uso da termografia como manutenção preditiva.

O posto de seccionamento (PS) é utilizado para controlar o fornecimento de energia entre a rede pública de média tensão e a rede privada de média tensão. A figura 3.1 apresenta a cabine do PS e a figura 3.2 apresenta as aparelhagens modular para cada posto de transformação (PT), o PT1 e o PT2 que se encontram instalados na unidade industrial.



Figura 3.1-Cabine do posto de seccionamento



Figura 3.2-Aparelhagem modular para alimentação dos PT's

Existem dois PT's instalados na fábrica. Na figura 3.3 pode-se visualizar um exemplo de um dos transformadores, estes têm função de transformar a MT de 15 kV, em baixa tensão BT. O PT1 encontra-se instalado na zona 1 e alimenta a zona 1 e 9 e os respetivos sectores 13 e 14 (tabela 2.1). O PT2 alimenta os respetivos sectores 15, 16, 17, 18 (tabela 2.1).



Figura 3,3 - Transformador com Potência nominal de 630 kVA

Cada transformador tem uma potência nominal de 630 kVA. Nas figuras 3.4 e 3.5 pode-se visualizar a chapa característica do transformador 1 e do transformador 2, respetivamente.



Cada um dos PT's alimenta um quadro geral de BT. Cada uma destas salas esta equipada com um conjunto de duas fontes de alimentação ininterrupta (UPS), representado do lado esquerdo da figura 3.6. Estas UPS foram instaladas no quadro geral de BT, solucionando assim o problema dos micro cortes que se sentiam na rede, que causavam muitas paragens na fábrica e perdas de dinheiro. Desta maneira é possível manter a qualidade vinda da rede, pois as UPS filtram esses micro cortes mantendo a fábrica a funcionar continuamente.



Figura 3.6-Sala do quadro geral

Em situações em que os cortes são de maior duração e as UPS não têm capacidade de armazenamento energia, entrará em serviço um gerador de emergência, com uma potência aparente de 700 kVA capaz de alimentar a instalação da fábrica.

Na fábrica existe uma instalação de painéis solares térmicos, que tem como função aquecer a água que depois será usada na lavanderia.

3.1 Fontes de alimentação ininterrupta

As Fontes de Alimentação Ininterrupta, ou em inglês, *Uninterruptible Powers Supply* (UPS) são frequentemente utilizadas para alimentar cargas elétricas, sobretudo as cargas mais críticas de uma instalação. Este dispositivo baseia-se fundamentalmente num sistema de armazenamento de energia. Enquanto o fornecimento de energia da rede estiver disponível, a bateria interna da UPS também será alimentada, quando necessário, de modo a que se encontre nos seus níveis de carga ideais. Assim que exista um defeito na rede elétrica, a carga irá ser alimentada através da UPS.

Estas fontes de energia podem ser de corrente contínua ou alternada, dependendo do tipo de equipamento que irão alimentar, variando assim o tipo de componentes no seu interior. Como se pode ver na figura 3.7, uma UPS dispõe de por uma *Surge Protection Device* (SPD), que serve para aumentar a vida útil da UPS assim como dos equipamentos que lhe estão ligados e que incluem um carregador de bateria, uma bateria, um inversor e um interruptor (Solutions, 2015).

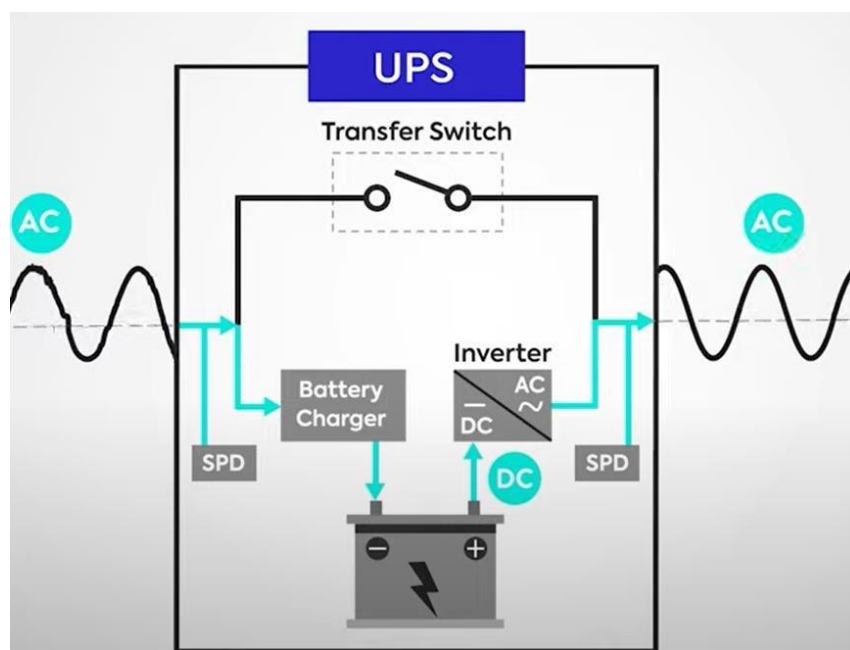


Figura 3.7-Esquema da UPS

Para além deste tipo de equipamentos alimentarem as cargas em casos de falta de energia, também as protegem em casos de subtensão ou sobretensão, sobrecargas e picos de tensão que tenham origem na rede elétrica que alimenta a instalação.

As UPSs podem adotar diferentes modelos destinados às mais diversificadas aplicações. As Fontes de Alimentação Ininterruptas podem classificar-se em duas grandes topologias, as *UPS Offline* e as *UPS Online* (Harifa, 2019).

No funcionamento normal das *UPS Offline* o sinal de entrada é o mesmo da saída, isto é, o sinal de entrada é o mesmo que alimenta a carga. Quando a energia falhar, este método possui um circuito secundário que continua a alimentar a carga através da bateria. Nesta topologia podemos encontrar os seguintes tipos de UPS:

- *UPS Standby*
- *UPS Standby – Ferro*
- *UPS Line Interactive*

Na figura 3.8, encontra-se o modelo mais convencional, conhecida por *UPS Standby (Offline)*. Este tem diversas aplicações bastantes simples, como alimentar computadores, tendo como objetivo que não se percam os trabalhos a realizar durante o momento. A sua conceção interna é bastante simples. O circuito principal (linha contínua), é composto por um supressor de picos de tensão e um filtro. O supressor de picos é bastante importante caso a tensão de saída não seja completamente isolada da tensão de entrada, protegendo assim o equipamento de eventuais picos que possam ocorrer. O filtro foi projetado com a função de remover todos os ruídos existentes na alimentação de entrada. O circuito secundário (linha tracejada) é constituído por um carregador de baterias, uma bateria e um inversor.

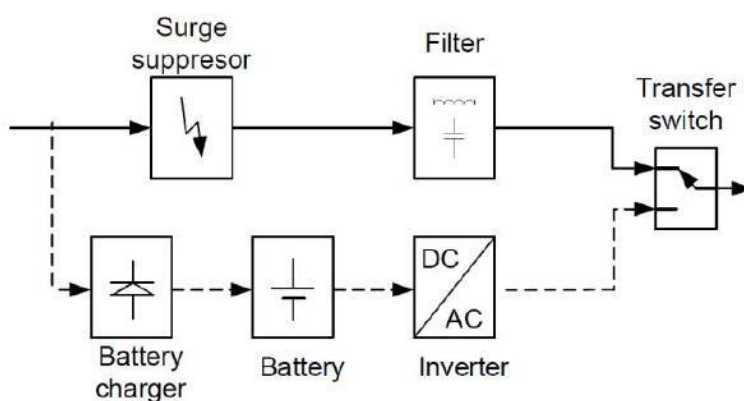


Figura 3.8-Diagrama de blocos do modelo Standby (Offline) UPS (Rasmussen, 2010)

Recorre-se ao inversor para poder transformar a corrente contínua fornecida pelas baterias em corrente alternada, de modo a que a carga possa ser alimentada com a energia da bateria (Rasmussen, 2010), (McCarthy, 2004).

Na figura 3.9, é representado o modelo *UPS Standby – Ferro*. Este modelo é mais usado em servidores de aplicações não críticas, geralmente alimentandas cargas na gama dos 3 kVA aos 15 kVA. A conceção desta UPS é bastante idêntica à anterior, continuando a ter um circuito secundário em standby até que ocorra uma falha de alimentação no circuito primário. O inversor está em modo standby até que a alimentação proveniente da rede falhe, aí o comutador abre e a carga começa a ser alimentada pelo circuito secundário. A grande diferença é que no lugar do comutador de transferência dispomos de um transformador Ferro-ressonante.

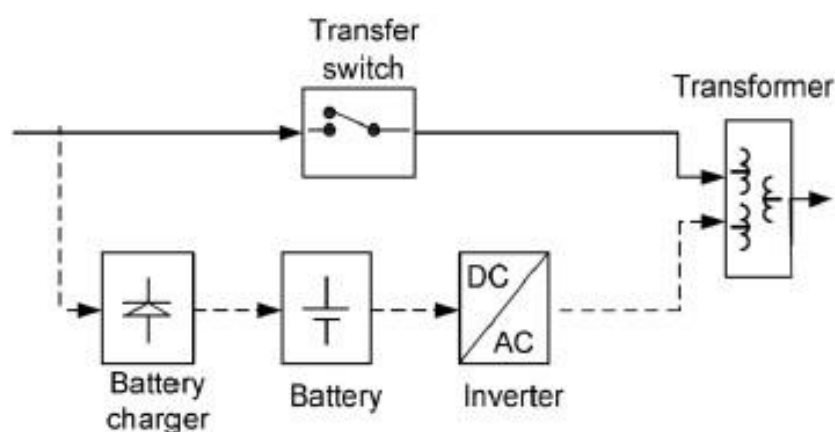


Figura 3.9-Diagrama de blocos do modelo UPS Standby - Ferro (Rasmussen, 2010)

Este transformador possui 3 enrolamentos, dois de entrada e um de saída, permitindo assim que atue como um comutador, fazendo a passagem para o circuito secundário. Como estamos perante um transformador Ferro ressonante, já não existe necessidade de colocar um filtro no circuito primário uma vez que este transformador tem capacidade de regular a tensão e modular a onda de saída (McCarthy, 2004), (Rasmussen, 2010).

A *UPS Line Interactive* possui elevada eficiência e fiabilidade, assim como pequenas dimensões.

A sua conceção é totalmente diferente de todas as outras referidas anteriormente. Conforme ilustrado na figura 3.10, o conversor está localizado na saída da UPS, acabando por carregar a bateria.

Quando existe falha na rede, o conversor passa a operar no modo inverso, ou seja, convertendo a energia armazenada pela bateria novamente em AC de forma a que a carga continue sistematicamente a ser alimentada.

Este sistema é bastante utilizado em cargas entre 0,5 e 5 kVA, onde as suas aplicações predominam na alimentação de servidores pois o tempo de comutação ainda consegue ser significativamente inferior ao da UPS Standby (Rasmussen, 2010)

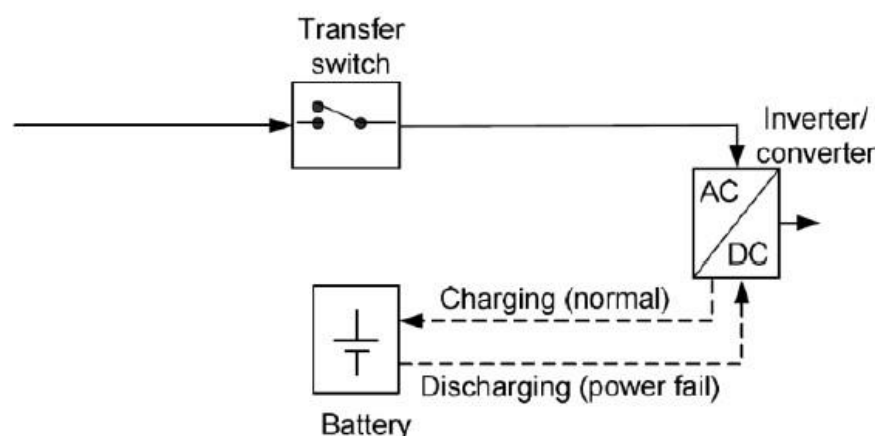


Figura 3.10-Diagrama de blocos da UPS Line Interactive (Rasmussen, 2010)

O modo de operação da UPS Online é bastante diferente. Nesta metodologia é utilizado um retificador e um inversor. Toda a energia proveniente da rede é transformada em DC, estando simultaneamente a carregar a bateria e a alimentar a carga, transformando o sinal DC em AC através de um inversor situado na saída da UPS. Um exemplo adequado deste método pode verificar-se na alimentação de um computador portátil quando ligado à energia, que simultaneamente carrega a bateria e fornece energia diretamente ao computador (Martins, 2014). Nesta topologia é possível encontrar os seguintes tipos de UPS:

- *UPS Double - conversion Online*
- *UPS Delta - conversion Online*

A *UPS Double - Conversion Online*, é a que se encontra instalada na Ansell, na qual a carga é constantemente alimentada pelo inversor, isto é, não existe circuito secundário para comutação, como está ilustrado na figura 3.11. A energia que provém da rede em AC é diretamente convertida em DC de modo a carregar as baterias, que por sua vez fornece alimentação à carga através de um inversor, transformando a energia novamente em corrente alternada. Deste modo, o tempo de transferência de energia na comutação é nulo visto que a carga está sempre *online*, ou seja, está sempre a ser alimentada. Caso exista alguma sobrecarga ou falha no inversor, esta conceção ainda disponibiliza de um *bypass* automático que comuta diretamente a rede com a carga.

Este modelo é normalmente utilizado para cargas mais sensíveis. Como a carga nunca está alimentada diretamente pela rede, está mais protegido contra picos de tensão e variações de frequência, garantindo maior proteção e segurança.

Por outro lado, é um tipo de UPS com um preço bastante avultado, sendo o seu tempo de vida útil bastante reduzido devido à sua temperatura de funcionamento ser bastante grande e os seus componentes estarem submetidos a um desgaste constante (McCarthy, 2004), (Rasmussen, 2010).

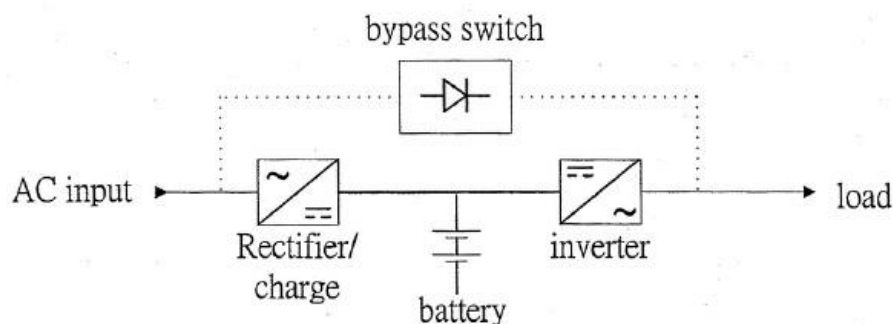


Figura 3.11-Diagrama de blocos do modelo UPS Double - Conversion online (Rasmussen, 2010)

A *UPS Delta - Conversion Online* foi projetada de modo a eliminar as desvantagens da *UPS Double - Conversion Online* e aumentar a sua eficiência. Na figura 3.12 é possível visualizar que esta UPS é composta por um conversor delta, inversor principal, transformador delta, bateria e um *bypass*.

O seu funcionamento é bastante idêntico ao anterior, mas para além de o inversor fornecer constantemente energia à carga, também o conversor delta fornece energia à saída do inversor.

Este conversor delta tem dupla função:

- Controla as características da energia da entrada garantindo uma excelente compatibilidade com a rede, reduzindo assim o aquecimento do equipamento.
- Controla a corrente elétrica necessária para o carregamento do sistema de baterias.

A grande diferença para a *UPS Double – Conversion Online* traduz-se nas características de entrada. A UPS de Conversão Delta Online consegue fornecer um controlo eficiente, corrigindo o fator de potência de entrada. Este controlo eficiente da energia de entrada torna a UPS compatível com todos os conjuntos de geradores, sendo a mais utilizada em cargas de elevada potência (Rasmussen, 2010).

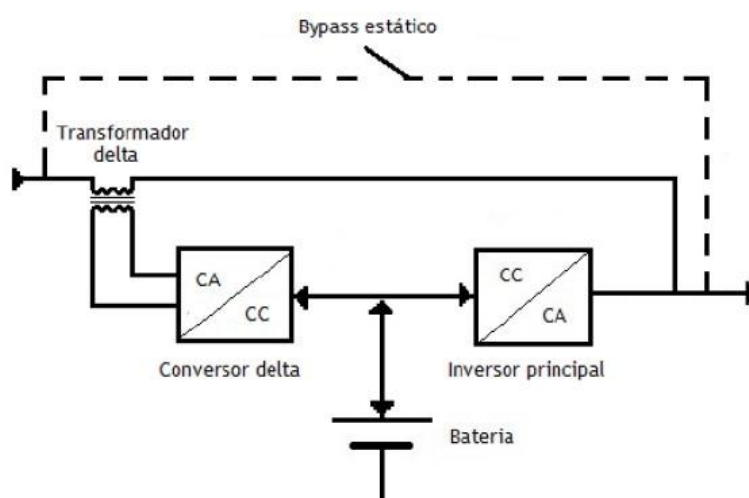


Figura 3.12-Diagrama de blocos do modelo UPS Delta - Conversion Online (Rasmussen, 2010)

3.1.1 UPS instaladas

Para assegurar uma alimentação de forma contínua e de melhor qualidade de energia optou-se por instalar dois sistemas de UPS's, um situado na zona 1 da fábrica, figura 3.13 (tabela 2.1), sendo este de 800 kVA, constituído por duas UPS de 400 kVA instaladas em paralelo e ainda um sistema de BYPASS de 800 kVA. O segundo módulo de UPS's foi instalado nos setores 15 a 18 da fábrica, figura 3.14 (tabela 2.1), sendo esta constituída por dois módulos de 200 kVA instaladas em paralelo e ainda um sistema de *bypass* de 400 kVA. A solução em causa foi utilizada para melhorar a capacidade do sistema para as situações de sobrecargas e curto-circuitos, sendo que as UPS de topologia *Double –*

Conversion Online, conseguem uma regeneração permanente da tensão e da frequência. O sistema contempla ainda um *bypass* manual e automático e uma solução de gestão de baterias. As figuras 3.13 e 3.14 foram construídas no *EPLAN Electric P8* e representam o esquema de alimentação das UPS's. Para a realização destes esquemas foi preciso perceber como as UPS estavam instaladas e fazer um levantamento do seu esquema de ligação. A elaboração destes esquemas foi necessária, pois na unidade industrial não havia informação sobre a instalação das UPS, reforçando assim a informação sobre a instalação elétrica. No capítulo 4 irá ser abordado este tema.

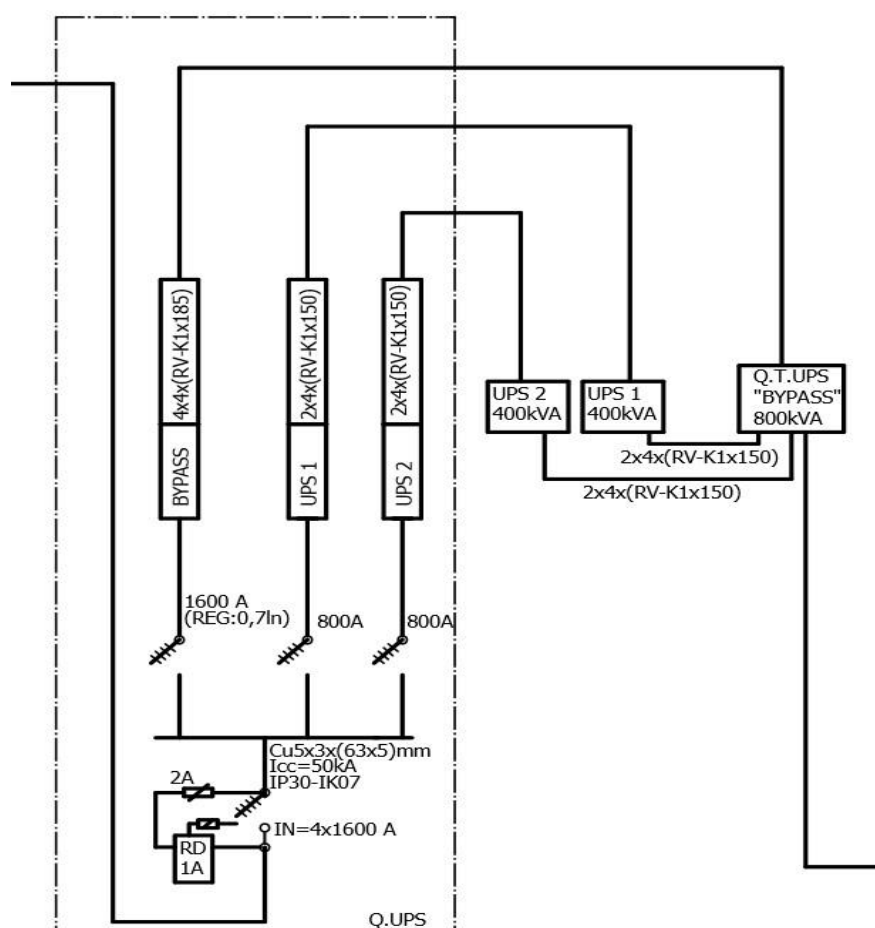


Figura 3.13-Esquema de alimentação das UPS's de 800 kVA

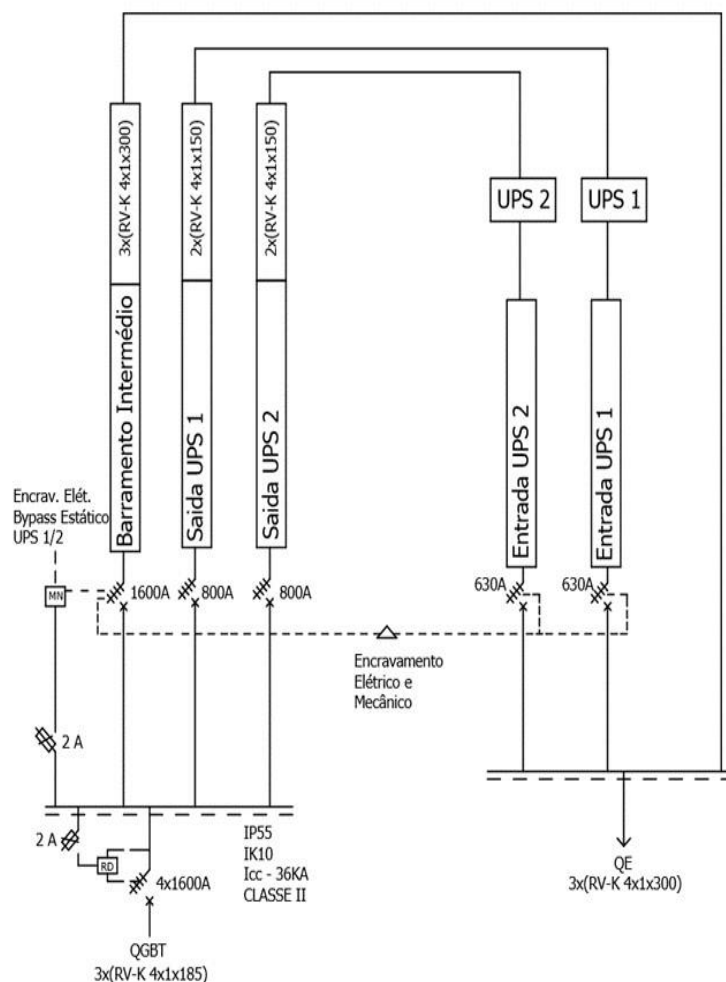


Figura 3.14-Esquema de ligação da UPS's de 400 kVA

3.2 Gerador de Emergência

Como se pode ver na figura 3.15, o gerador é da marca CAT e vem equipado com um motor a diesel de quatro tempos de injeção direta, com arranque elétrico de 24 V, acoplado a um alternador. O alternador é trifásico, com dois pares de polos, com uma frequência nominal de 50 Hz e com um fator de potência de 0,8. Tem uma potência de 700 kVA. O arranque do grupo é automático no caso de ocorrência de falha de energia elétrica da rede de distribuição pública.



Figura 3.15-Gerador de emergência

Por norma os geradores necessitam de uma manutenção para assegurar o seu funcionamento numa eventual paragem, no entanto, na unidade industrial as paragens ocorrem diariamente. As UPS's são as primeiras a entrar em serviço quando ocorre um micro corte. Têm a capacidade de assegurar a rede industrial durante um tempo, que ronda os 15 minutos, prevenindo a paragem da unidade industrial. No entanto, caso o corte na rede elétrica de alimentação seja de maior duração àquele que as UPS's consigam aguentar, o gerador de emergência entra em serviço. Devido a esta utilização intensiva é necessário realizar uma inspeção diária com o objetivo de verificar o nível de combustível no gerador.

Na tabela 3.1 são apresentadas as principais características do gerador de emergência instalado na Ansell.

Tabela 3-1-Chapa de características do gerador de emergência

CATERPILLAR	700
Ano de construção	2014
Potência Nominal	700 kVA
	560 kW
	0,8 Cos ϕ
Tensão Nominal	400/230 V
Nº fases	3
Frequência	50 Hz
Corrente	1010 A
R.P.M.	1500
Altitude máxima	100 m
Temperatura ambiente máxima	25 °C

3.3 Esquemas elétricos

Um dos trabalhos realizados durante o estágio, correspondeu à elaboração de um levantamento da informação associada aos quadros elétricos existentes na instalação industrial. Como resultado foi possível realizar uma atualização das plantas com a real localização de todos os quadros elétricos. Na execução desta tarefa foi utilizado o *software AutoCAD*. Em alguns casos verificou-se que na informação existentes havia quadros elétricos cuja localização estava errada e em outros casos verificou-se que não havia qualquer informação.

Na figura 3.16 é possível visualizar a planta da fábrica e todos os seus setores de produção.



Figura 3.16-Planta da fábrica em AutoCAD

Na figura 3.17 está representada a linha de produção número 2, que se encontra na zona 1 (tabela 2.1) com o esquema de quadros antigos. A linha de produção número 2 foi sujeita a uma atualização, pois foi necessário acrescentar queimadores novos para melhorar o rendimento do forno e para isso foi necessário a criação de novos quadros de comando.

Os quadros de comando não foram feitos nem instalados pela equipa da Ansell. Uma vez montados nos devidos sítios, foi-me atribuída a tarefa de intitular os quadros de maneira a cumprir a ordem estabelecida de funcionamento.

Após uma análise à ordem de funcionamento foi possível criar, em autocad, os quadros de comando necessários para o bom funcionamento da linha de produção número 2. A figura 3.18 mostra o resultado da disposição dos quadros.

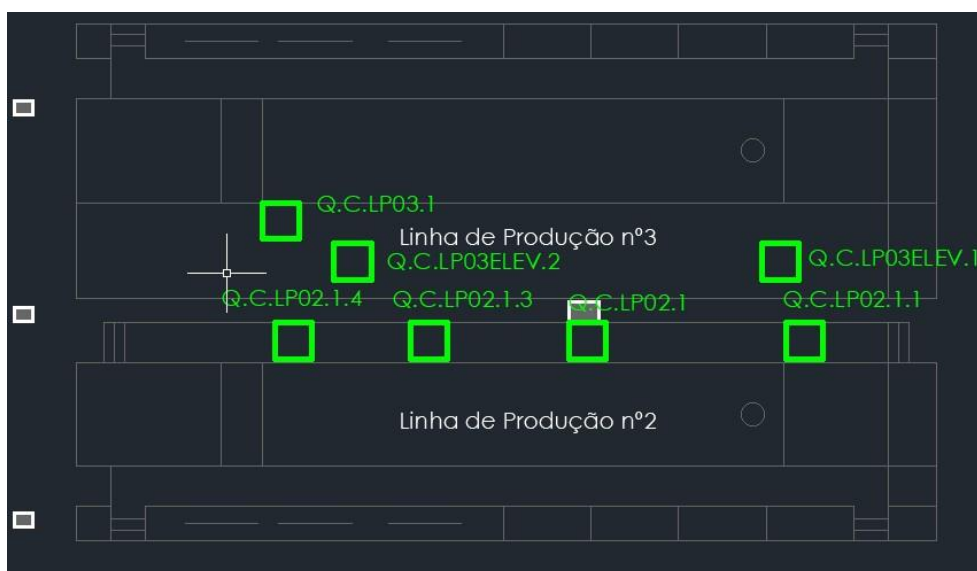


Figura 3.17-Disposição dos quadros elétricos da máquina 2 antes da alteração

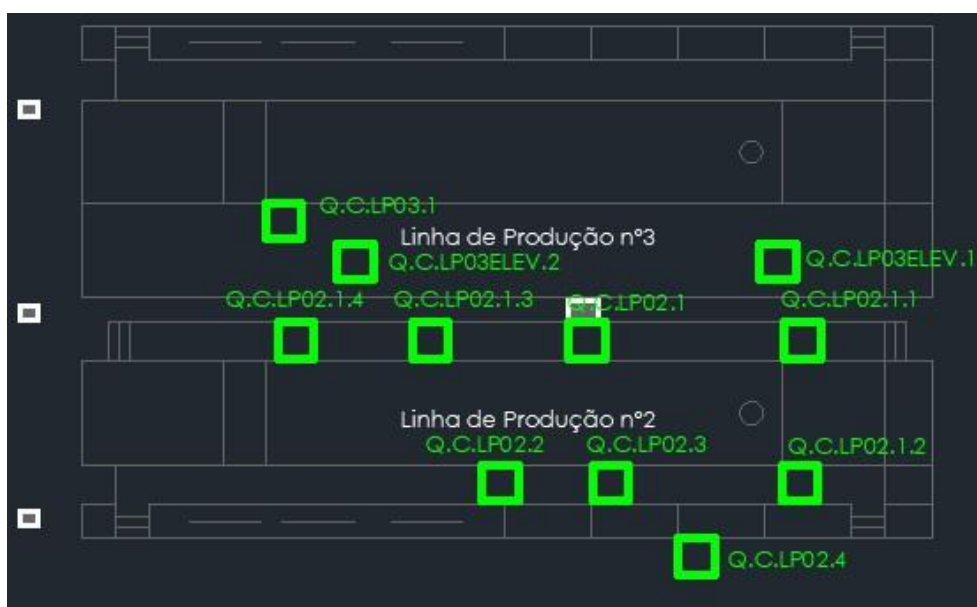


Figura 3.18-Disposição dos quadros elétricos da máquina 2 depois da alteração

3.4 Aplicação da termografia como técnica de apoio à inspeção e manutenção industrial

Atualmente a busca pela excelência, qualidade e redução de custos faz com que as empresas apliquem novas técnicas que possibilitem identificar e corrigir anomalias de forma cada vez mais eficiente. Desta forma, umas das técnicas que tem vindo a revolucionar a manutenção é a termografia, por se tratar de uma opção económica, eficaz e apresentar um vasto campo de aplicação, não interferindo diretamente com o processo produtivo.

A termografia é uma técnica de inspeção não invasiva e não destrutiva indispensável na manutenção industrial, bem como nos mais variados tipos de instalação elétricas, térmicas e mecânicas. Com a informação adquirida é possível monitorizar e diagnosticar problemas muitas vezes ocultos e de difícil deteção.

Este tipo de avaliação recorre à deteção da radiação infravermelha emitida naturalmente pelos corpos com intensidade proporcional à sua temperatura. Através dessa técnica é possível identificar em tempo real, regiões ou pontos, em que a temperatura superficial apresenta diferenças em relação a um padrão pré-estabelecido. A maioria dos dispositivos elétricos e mecânicos sobreaquecem antes de falhar e, encontrar estes problemas atempadamente permite que os responsáveis pela manutenção planifiquem devidamente as reparações ou substituições dos equipamentos que se encontram em mau estado, aumentando a fiabilidade e produtividade, reduzindo assim perdas financeiras desnecessárias (Ramalhão, 2020).

Assim, a inspeção termográfica na manutenção preventiva, deve ser encarada como uma ferramenta fundamental a integrar, apresentado várias vantagens como as seguintes:

- É uma técnica rápida, fiável e segura na deteção de falhas/avarias que possam ocorrer;
- É uma técnica não invasiva;
- Permite inspecionar uma quantidade enorme de equipamentos num curto espaço de tempo;
- É considerada uma medida de utilização racional de energia, permitindo corrigir problemas que causam perdas e consumo excessivo de energia.

3.4.1 Aspetos a ter em consideração numa inspeção termográfica.

Sempre que se utiliza uma câmara termográfica, deve-se ter em consideração que a câmara não regista apenas a radiação emitida do equipamento ou processo, como também regista a radiação ambiente refletida através da superfície do mesmo (Oliveira, 2012).

Tendo em conta o que foi referido anteriormente, e de forma a serem obtidos resultados fiáveis, durante uma análise termográfica devem ser seguidas algumas regras, destacando-se as seguintes:

- Os parâmetros como a emissividade, distância em relação ao objeto, temperatura ambiente, humidade relativa e temperatura refletida, têm de ser ajustados tendo em conta o objeto a medir.
- O objeto a ser inspecionado deve estar a funcionar num regime de carga próximo do nominal.
- Inicialmente o equipamento deve ser analisado sem ser removido qualquer tipo de isolamento ou proteção, para verificar se é necessário tomar alguma medida preventiva antes de se efetuar a análise termográfica.
- Armários ou outros sistemas de isolamento, depois de verificados, devem ser abertos para fornecer uma linha de visão direta sobre os componentes que o constituem.
- Os componentes e equipamentos similares submetidos a um regime de carga semelhante devem ser comparados mutuamente.
- Quando se verifique que a existência de superfícies espelhadas (acrílicos, vidros, plásticos, entre outros) podem adulterar os valores obtidos, estas devem ser removidos sempre que possível.
- Recomenda-se que sejam utilizados critérios para definir prioridades de ação aos componentes analisados.

3.4.2 Aplicação da termografia como técnica de apoio à manutenção

Tendo em conta o seu princípio de funcionamento, a termografia apresenta-se como uma técnica fundamental para a implementação de uma manutenção preventiva. Em situações em que seja possível a sua aplicação pode-se afirmar que a capacidade de identificar e detetar falhas que, em condições normais, seriam impercetíveis ao olho humano aumenta. Estas falhas poderiam resultar em paragens e prejuízos desnecessários, aumentando os níveis de segurança, tanto para quem efetua a análise, como de quem opera as máquinas.

De forma a obter resultados satisfatórios com a sua aplicação, é recomendado que sejam planeados, medidos e acompanhados todos os parâmetros que possam influenciar o bom funcionamento de um determinado equipamento e/ou processo (Essentia editora, 2010), (Essentia editora, 2012).

3.5 Aplicação de termográfica nas Instalações Elétricas

Atualmente a termografia desempenha um papel importante na manutenção da instalação elétrica, tornando-a mais disponível e fiável, dado que a temperatura é o principal fator responsável por falhas em instalações elétricas. A sua aplicação possibilita a deteção de problemas ou corrigir situações que futuramente se poderiam revelar problemáticas. Neste âmbito, a inspeção termográfica permite identificar problemas associados à elevada resistência causada por superfícies com contactos deficientes, circuitos sobrecarregados, problemas de desequilíbrio de cargas bem como presença de harmónicos (Fluke, 2005).

3.5.1 Ligações desapertadas ou deterioradas

Numa ligação elétrica, contactos soltos ou defeituosos aumentam a sua resistência quando atravessados por uma corrente elétrica, aumentando a sua temperatura de funcionamento através do efeito Joule.

Neste tipo de situações, a termografia apresenta-se como uma técnica bastante fiável na identificação de ligações desapertadas ou deterioradas, sendo identificadas através de pontos quentes, como se pode visualizar na figura 3.19. A deteção destes pontos permite

corrigir de uma forma rápida este tipo de ocorrências pois, na maioria dos casos, um reaperto da cablagem ou parafuso resolve o problema (Fluke, 2005), (Oliveira, 2012).



Figura 3.19-Exemplo de ligações desapertadas ou deterioradas [DMC]

3.5.2 Sobrecargas

Quando a corrente de serviço, tipicamente denominada por “IB” ultrapassa o valor máximo permitido pelo condutor “Iz”, verifica-se a ocorrência de uma sobrecarga. Este tipo de anomalias implica o aquecimento dos condutores em todo o seu comprimento, como apresenta a figura 3.20, facto que, na prática, só pode ser verificado através de contacto direto ou com recurso a uma câmara termográfica.

Anomalias deste tipo podem ocorrer facilmente, dado que em muitas instalações industriais são substituídos ou instalados novos equipamentos com potências instaladas superiores à anterior sem que a cablagem seja substituída (Fluke, 2005), (Oliveira, 2012).

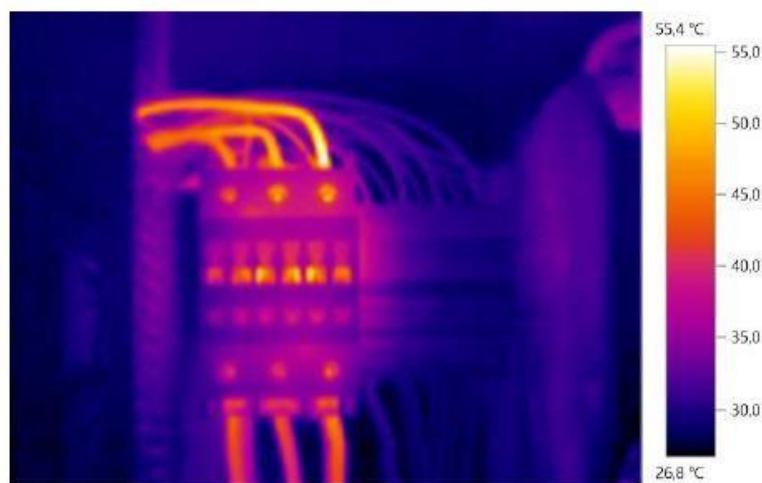


Figura 3.20-Exemplo de sobrecarga [DMC]

3.5.3 Desequilíbrio de fases

A ocorrência deste tipo de anomalias resulta numa incorreta distribuição de carga num sistema trifásico, contudo, o desequilíbrio pode ainda ser provocado por outras razões como:

- Problema no fornecimento de energia
- Baixa tensão numa das fases
- Um defeito de isolamento na cablagem

Um desequilíbrio de tensão pode provocar um deterioramento nas conexões, reduzindo a tensão fornecida. Através da termografia é possível detetar que uma das fases se encontra mais quente, em relação às outras, como apresentado na figura 3.21.

Em motores elétricos, por exemplo, uma redução na tensão de alimentação fará com que a corrente absorvida aumente, aumentando desta forma a probabilidade da proteção térmica do motor disparar e o conjunto controlo/motor entrar em falha (Fluke, 2005), (Oliveira, 2012).

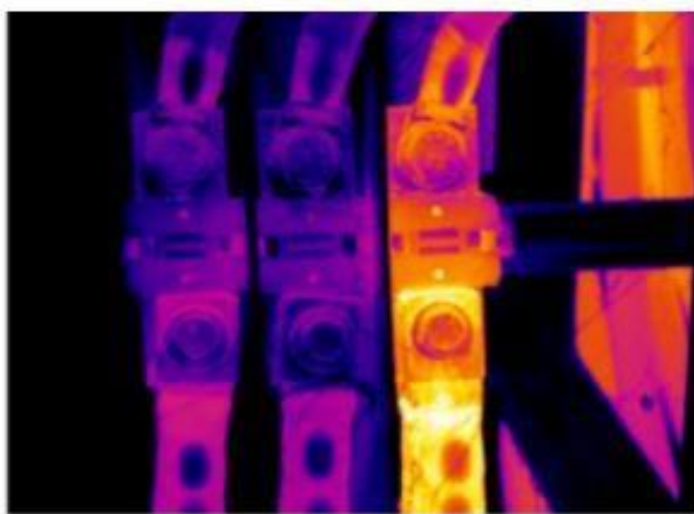


Figura 3.21-Exemplo de desequilíbrio entre fases [DMC]

3.6 Termografia

A termografia é um método não destrutivo que permite localizar componente danificados ou curto circuitos através da radiação infravermelha ou padrões de distribuição térmica.

As análises termográficas funcionam a partir da observação de temperaturas ou de padrões de distribuição térmica a partir da radiação infravermelha. Esta fundamenta que qualquer corpo com uma temperatura acima do zero absoluto ($-273.15\text{ }^{\circ}\text{C}$) emite uma frequência eletromagnética. Assim quanto maior for a temperatura de um corpo, maior será a sua excitação molecular, consequentemente maior será a intensidade da radiação emitida (Kersul, 2014).

3.7 Espectro eletromagnético

Existem várias formas de descrever uma onda, sendo elas a amplitude, a frequência, o comprimento de onda, etc. Neste caso o que caracteriza o espectro eletromagnético é o comprimento de onda, sendo este normalmente identificado pela letra lambda (λ), figura 3.22.

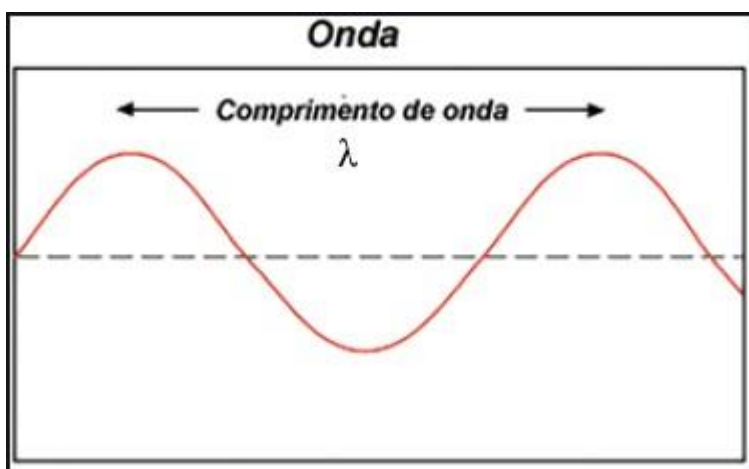


Figura 3.22-Comprimento de onda (Internet)

O comprimento de onda é a distância entre os picos e a unidade mais usada para a termografia é o micrómetro ($1\text{ }\mu\text{m} = 10^{-6}\text{m} = 1/1000\text{mm}$). As ondas eletromagnéticas viajam à velocidade da luz, sendo esta geralmente definida para o vácuo, pois varia com o meio. A sua representação é designada pela letra c (minúscula) e tem o valor de $299.792.458\text{ m/s}$, ou aproximadamente 300.000 km/s (Kersul, 2014).

A radiação infravermelha é uma forma de energia semelhante à radiação visível, ondas de radio e raio-x, que se desloca à velocidade da luz (Silva, 2018).

Na figura 3.23 podemos visualizar o espectro eletromagnético.

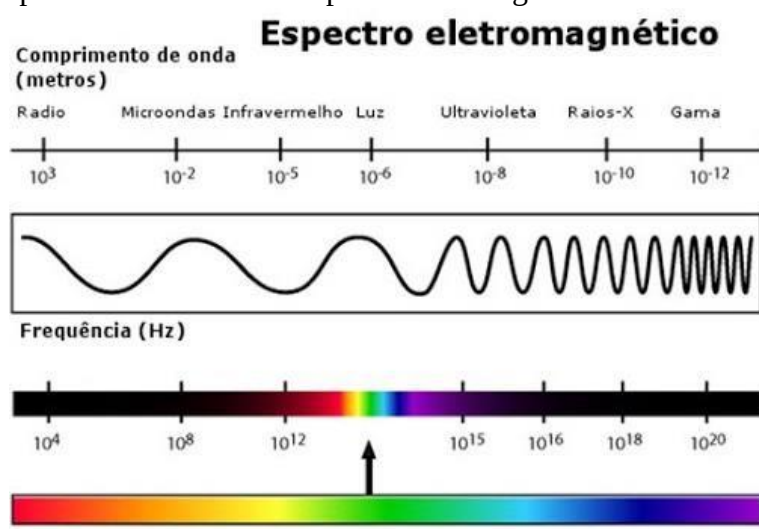


Figura 3.23-Espectro eletromagnético (Interent)

3.8 Teoria da radiação

3.8.1 Lei Stefan-Boltzmann

Em 1879, o cientista Josef Stefan, experimentalmente, identificou a relação que envolve o corpo negro e sua irradiação. Em 1884, Boltzmann concluiu a mesma relação de Stefan, baseado nas leis da termodinâmica, conseguindo identificar forma de determinar o valor da radiação através da expressão, 3.1 (Bruno, 2018), (Albuquerque , 2011).

$$e = \sigma T^4 \quad (3.1)$$

em que:

e = Valor da radiação total (W/m^2) $\sigma = 5,67 *$

$10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$ (Constante de Stefan) $T =$

Temperatura Absoluta (K)

3.8.2 Lei de Planck

A lei de Planck, para a radiação do corpo negro, exprime a distribuição espectral em função do comprimento de onda e da temperatura do corpo negro, e pode ser determinada através da expressão 3.2 (Dionísio, 2017).

$$W(\lambda, T) = \left(\frac{2\pi hc^2}{\lambda^5 (e^{\frac{hc}{\lambda T}} - 1)} \right) \times 10^{-6} \quad (3.2)$$

Em que:

$W(\lambda, T)$ = a radiância espectral do corpo radiante no comprimento de onda (λ^T ,

$J \cdot s^{-1} \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot Hz^{-1}$)

$h = 6,626 \times 10^{-34} J \cdot s$ (constante de Planck) λ = Comprimento de onda

T = Temperatura do corpo negro (K)

$K = 1,381 \times 10^{-23} J/K$ (Constante de Boltzmann) $c =$

$3 \times 10^8 m/s$ (velocidade da luz)

Na figura 3.24 é possível visualizar a variação da intensidade da radiação de um corpo negro ao longo dos diferentes comprimentos de onda.

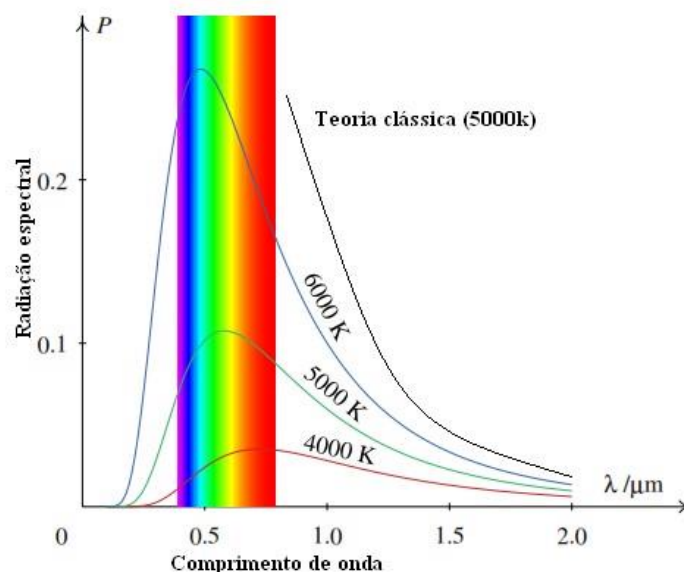


Figura 3.24-Intensidade da radiação (Internet)

3.8.3 Lei de Wien

A lei de Wien relaciona o comprimento de onda, na zona de máxima emissão de radiação, com a temperatura. Trata-se de uma proporcionalidade inversa entre o comprimento de onda e a temperatura de um corpo e pode ser descrita pela equação 3.3 (Dionísio, 2017).

$$\lambda_{max} = \frac{B}{T} \quad (3.3)$$

Em que:

B= 2898 $\mu\text{m.K}$ constante de radiação λ =

Comprimento de onda

T= Temperatura (K)

3.9 Leis da radiação para emissores

Até ao momento as leis descritas só se referem ao corpo negro. No mundo real os objetos não seguem essas leis em grande parte do espectro, embora se consigam aproximar do comportamento de um corpo negro.

As duas propriedades radioativas dos materiais mais importantes são a que relaciona a absorptância, refletância e transmitância no balanço da energia radiativa e a outra é a lei de Kirchhoff que relaciona a absorptância e emissividade (Kaplan, 1999).

Segundo a primeira propriedade, quando um corpo real é atingido por uma radiação pode apresentar os seguintes fenômenos:

- Uma fração da radiação incidente pode ser absorvida (α)
- Uma fração da radiação incidente pode ser refletida (ρ)
- Uma fração da radiação incidente pode ser transmitida (γ)

Como se pode visualizar na figura 3.25, a soma das três frações resulta da radiação total.

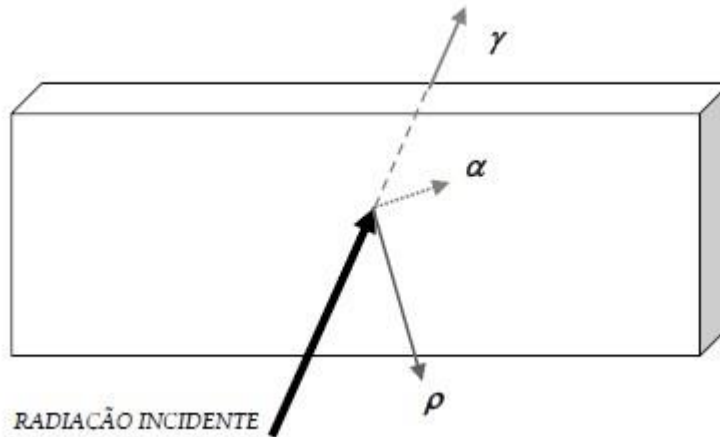


Figura 3.25-Formas de refração (Santos, 2012)

- A absorção espectral α_λ é a relação da energia espectral absorvida por um corpo pela radiação incidente sobre ele.
- A reflexão espectral ρ_λ é a relação da energia espectral refletida por um corpo pela radiação incidente sobre ele.
- A transmissão espectral γ_λ é a relação da energia espectral transmitida por um corpo pela radiação incidente sobre ele.

Para o mesmo comprimento de onda a soma dos três coeficientes α_λ , ρ_λ e γ_λ é igual a um, como se pode ver na equação 3.4.

$$\alpha_\lambda + \rho_\lambda + \gamma_\lambda = 1 \quad (3.4)$$

Para objetos opacos, $\gamma_\lambda = 0$, a relação simplifica e escreve-se da maneira apresentada na equação 3.5.

$$\alpha_\lambda + \rho_\lambda = 1 \quad (3.5)$$

Outra propriedade muito importante para a medição da radiação infravermelha é a emissividade, no entanto, também é um fator de erro. A emissividade de um objeto varia com a temperatura do objeto, ângulo de visão, geometria do objeto e condição da superfície. Em geral, a emissividade espectral varia lentamente com o comprimento de onda em sólidos, sendo que varia rapidamente no caso de gases e líquidos.

Segundo a lei de Kirchhoff, um corpo tem a capacidade de absorver energia incidente num determinado comprimento de onda, sendo esta equivalente à capacidade deste corpo em emitir energia no mesmo comprimento de onda, isto é, para a temperatura de um corpo se manter constante, a quantidade de radiação emitida deve ser balanceada com a radiação absorvida. No caso de a radiação emitida ser maior que a absorvida, o corpo encontra - se resfriado, se a radiação absorvida for maior que a emitida, ele encontrar- se aquecido.

A capacidade de uma superfície em emitir e absorver radiação, num determinado comprimento de onda, está relacionada à emissividade espectral, sendo que superfícies com alta emissividade têm maior capacidade de emitir e absorver radiação do que superfícies com baixa emissividade (Santos, 2012).

3.10 Utilização da câmara

Para utilização da câmara termográfica é importante entender como esta opera, como analisa as imagens, qual a relevância dos ângulos no momento da leitura e qual a precisão que se consegue extrair de uma leitura. A figura 3.26 apresenta o esquema de componentes que uma câmara termográfica contém.

A resolução espacial define o menor detalhe de uma imagem que pode ser percebido pelo termovisor em função do tamanho do detetor e da ótica do sistema. Na maioria das vezes é especificado em radianos e definido como “Campo de Visão Instantâneo” (*Instantaneous Field of View – IFOV*).

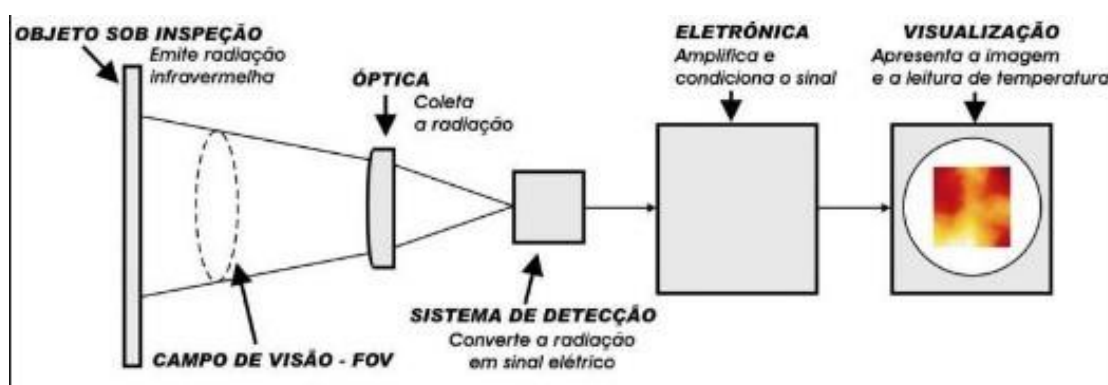


Figura 3.26-Esquema da câmara termográfica (Santos, 2012)

O *IFOV* é equivalente à projeção de um pixel na superfície observada e a soma de todos os *IFOVs* forma o Campo de Visão (*FOV*) que é a área total que pode ser vista pelo

termovisor, como se mostra na Figura 3.27. Geralmente o *FOV* é declarado em graus pelo fabricante.

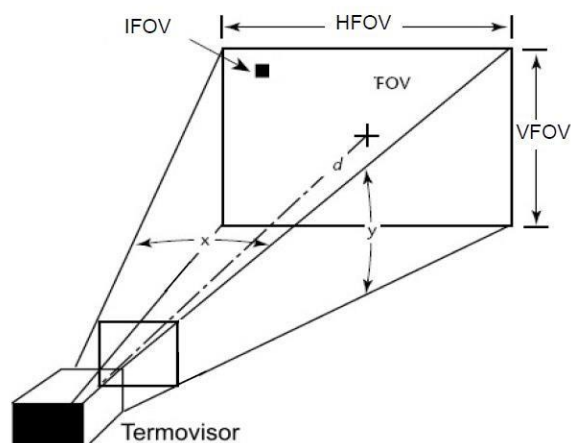


Figura 3.27-Campo de visão instantâneo (Santos, 2012)

3.11 Software

O software utilizado foi o *Testo*, que é da mesma marca do equipamento que foi utilizado para realizar as análises termográficas. Este software permite visualizar as imagens numa escala policromática, sendo o preto a mais fria e o branco a mais quente e observar uma imagem real do componente a ser estudado, como se pode ver na figura 3.28. Também é possível fazer comparações dos pontos quentes na imagem térmica assim como obter uma escala da temperatura captada pela câmara termográfica. Para além disso, ainda existe um conjunto de funções como a possibilidade de mudar a emissividade, a temperatura ambiente, a humidade, a temperatura de reflexão, entre outras. Todas estas funções são necessárias para que haja uma boa leitura e para se obter resultados fiáveis.

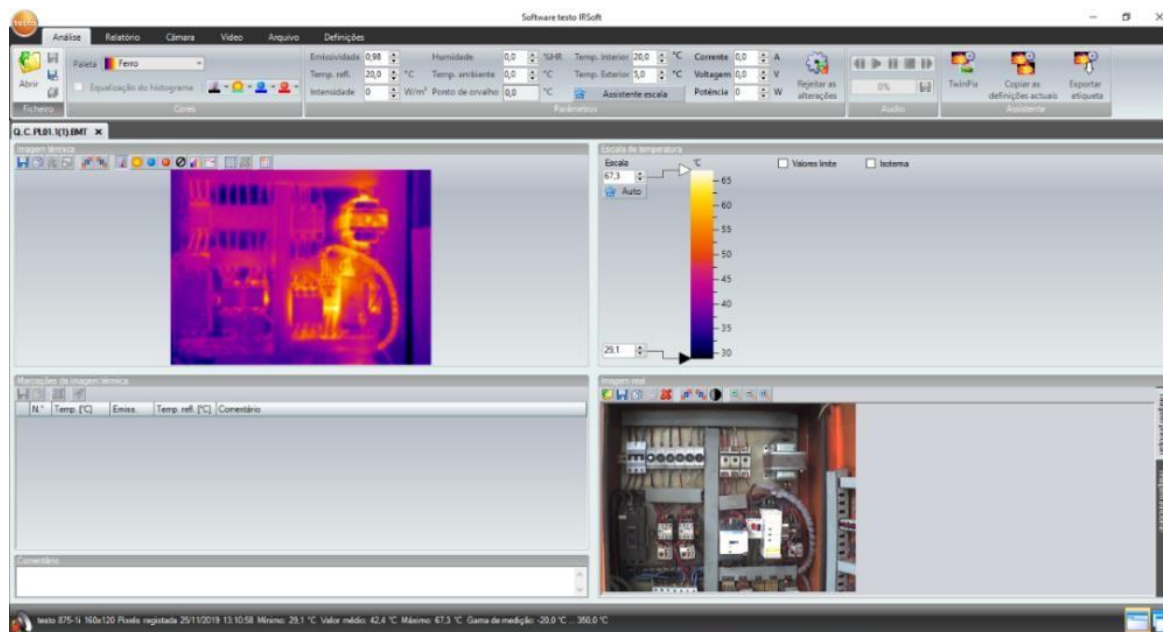


Figura 3.28-Software Testo

3.12 Caso prático

Foram realizadas duas análises termográficas nas instalações elétricas da Ansell, uma em novembro e outra no final de fevereiro início de março. A primeira análise serviu para identificar problemas e perdas por efeito Joule nos componentes. A segunda análise serviu para confirmar se os componentes da primeira análise ainda se encontravam com anomalias e aplicar uma solução mais viável, podendo ser necessário substituir o componente. De seguida apresentam-se alguns casos práticos das duas análises termográficas.

A câmara utilizada para as medições foi o modelo *Testo 875-1i* de 33 Hz. Na tabela 3.2 são apresentadas as características da câmara termográfica. O termómetro térmico apresentado na figura 3.29 a) serviu para verificar algumas medições, devido ao facto que havia quadros que se encontravam perto dos fornos e a radiação emitida por este interferia com a medição da câmara termográfica (figura 3.29 b)).

Tabela 3-2- Características da câmara termográfica

Propriedades	valores
Campo visual/distancia mínima do foco	32° x 23°/ 0.1 m
Sensibilidade térmica	<50 mK
Resolução geométrica	3.3 mrad
Frequência de imagem	33 Hz
Foco	Manual
Tipo de detetor	FPA 160 x 120 pixéis
Alcance espectral	8 – 14 μm



a)

b)

Figura 3.29- a) Termómetro térmico e b) Câmara termográfica

O método de análise e classificação dos componentes e ligações depende do tipo de cabo que for usado, os mais convencionais os PVC e XLPE, uma vez que suportam respetivamente uma temperatura de 70 °C e 90 °C.

3.13 Perdas por efeito Joule

Sempre que existe um contacto defeituoso numa ligação elétrica, cria-se uma resistência de contacto, levando à geração por “efeito de joule” de uma energia térmica proporcional à resistência de contacto e ao tempo durante o qual passa a corrente, elevando a temperatura no ponto de defeito. O contacto começa por dissipar energia em forma de calor indesejado em vez de trabalho útil. O aumento da temperatura pode alterar a superfície dos contactos, aumentando a sua resistência de contacto, agravando as perdas por efeito Joule e, em consequência aumentando a temperatura. A seguir existe um aumento da resistência causando uma queda de tensão adicional, o que resulta no aumento da corrente sem existir aumento no trabalho. No final a elevação da temperatura acelera o envelhecimento do contacto ou do componente, exigindo a substituição do mesmo. A corrosão e deterioração de ligações elétricas podem ser causadas por causas ambientais, enquanto a vibração, a fadiga e a idade fazem com que as ligações estejam soltas. A termografia é muito útil para a deteção de ligações soltas ou deterioradas, mostrando pontos quentes em elementos de aperto, como por exemplo, parafusos. Os pontos quentes são causados por elevada resistência de contacto e estão localizados nas ligações. No entanto, também é possível detetar anomalias em pontos frios, isto é, é possível que um componente esteja estragado formando um circuito aberto causando um ponto relativamente mais frio que o resto dos componentes, situação, esta que normalmente é ignorada por técnicos inexperientes. A deteção e a correção deste tipo de falhas são essenciais de modo a evitar incêndios e interrupções que podem ser críticas em processos de fabrico, implicando perdas económicas. As ligações devem ser desmontadas, limpas, reparadas e montadas novamente e em seguida alvo de uma nova inspeção termográfica. Se a anomalia persistir sugere-se o uso de um multímetro, usado para medir a corrente, para investigar a causa da anomalia (Kaplan, 1999), (Oliveira, 2012).

3.14 Primeira análise termográfica

A primeira análise realizada teve como objetivo captar informação sobre os componentes que poderiam estar a ter perdas de energia. Após a obtenção desses resultados foi realizado o aperto mecânico, isto é, os componentes que estariam com mais problemas levaram um aperto nos terminais, tentando assim reduzir a temperatura e as perdas de

energia. Todos estes apertos mecânicos devem ser feitos com uma chave dinamométrica, figura 3.30, uma vez que cada componente tem um valor máximo de aperto nos seus terminais. Ao aplicar força excessiva pode levar à destruição dos terminais, no entanto caso estes não sejam apertados com uma força adequada, continuam a representar um ponto fraco para a instalação, levando à destruição do próprio componente.

Na tabela 3.3 apresentam-se as informações de quando foi realizada a análise termográfica e que temperaturas máximas foram captadas.

Em seguida são apresentados dois exemplos em que foram detetadas temperaturas elevadas e foi preciso a realização do aperto mecânico.



Figura 3.30-Chave Dinamométrica

Tabela 3-3-Informação da medição do Q.C.L07.3

Informação da imagem	
Localização	Q.C.L07.3(cont.)
Dia/hora	15/11/2019 14:22:56
Câmara	testo 875-1i
Gama de medição	-20 °C a 350 °C
Temp. Máxima	55,7 °C
Temp. Ambiente	25,2 °C

Na figura 3.31, (dentro do círculo preto) foi detetada uma temperatura elevada, sendo por essa razão necessário fazer uma análise mais pormenorizada (figura 3.32). Ao fazer-se uma análise mais próxima do quadro, identificou-se que um dos disjuntores apresentava uma temperatura próxima dos 60 °C. É considerado um caso grave, uma vez que o disjuntor tem uma temperatura ambiente de operação de 55 °C, como se pode visualizar na figura 3.33. Procedeu-se ao aperto mecânico nos parafusos para ver se se conseguia diminuir a temperatura através deste método. Uma vez que não houve alteração na temperatura depois deste processo, foi preciso monitorizar o componente e perceber o problema.

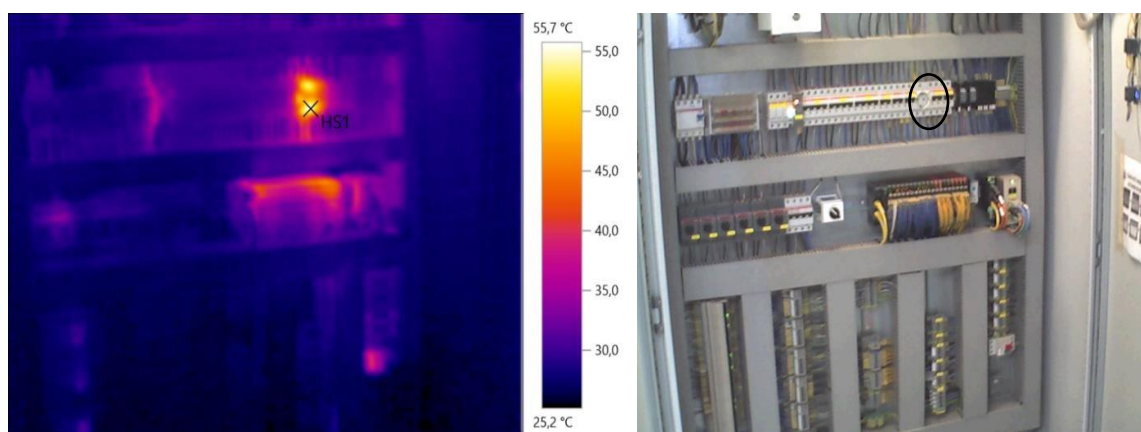


Figura 3.31-Quadro de comando sobre análise

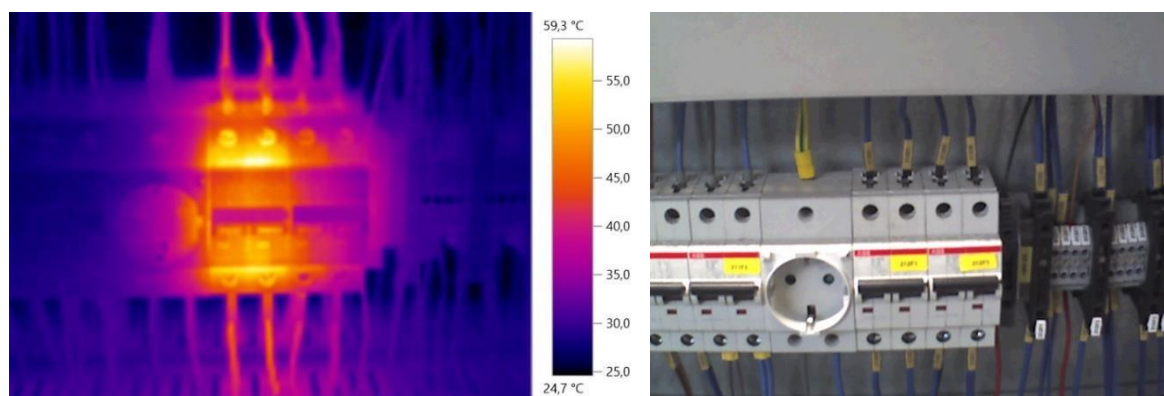


Figura 3.32-Disjuntor sobre análise pormenorizada

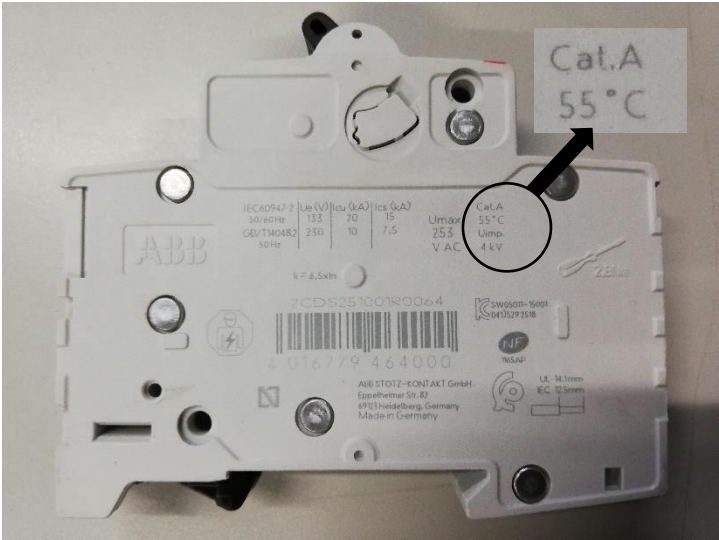


Figura 3.33-Exemplo do disjuntor sobre análise

Na tabela 3.4 apresentam-se as informações de quando foi realizada a análise termográfica e que temperaturas máximas foram captadas na zona 1 (tabela 2.1). Este quadro é referente há máquina de produção 1 (tabela 2.1).

Tabela 3-4-Informação da medição do Q.C.LP01.1

Informação da imagem	
Localização	Q.C.LP01.1
Dia/hora	25/11/2019 13:10:58
Câmara	testo 875-1i
Gama de medição	-20 °C a 350 °C
Temp. Máxima	67,3 °C
Temp. Ambiente	29,1 °C

Na figura 3.34, encontra-se representado o quadro da máquina 1 que está sobre análise. Como se pode visualizar, dentro do círculo preto, encontra-se um disjuntor térmico com a temperatura a 67.3 °C. Este componente não se encontrava em estado critico, uma vez que a temperatura ambiente de operação é de 75 °C, como se pode verificar na figura 3.35. Para além disso os disjuntores motores têm um componente interno que faz com que a sua temperatura normal de funcionamento seja entre os 60 °C a 70 °C. No entanto, decidiu-se analisar o ponto quente com mais detalhe como está representado na figura 3.36.

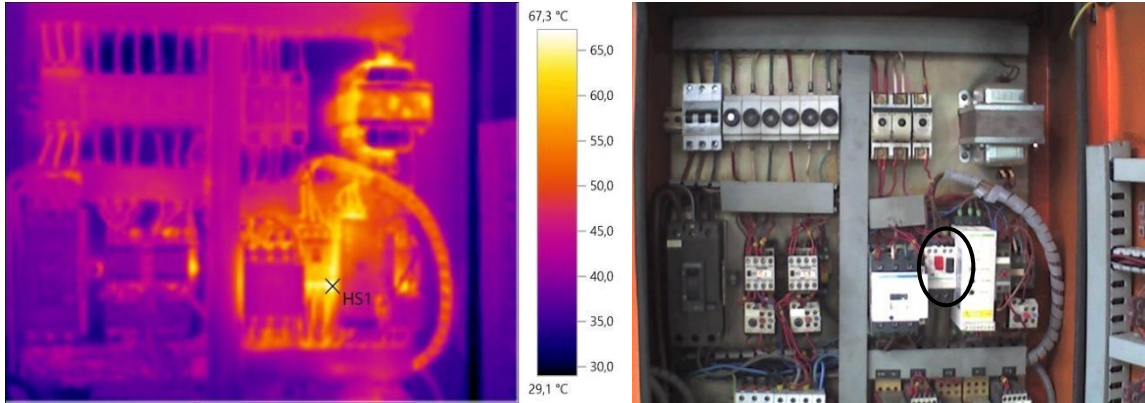


Figura 3.34-Quadro de comando sobre análise



Figura 3.35-Exemplo de disjuntor térmico sobre análise

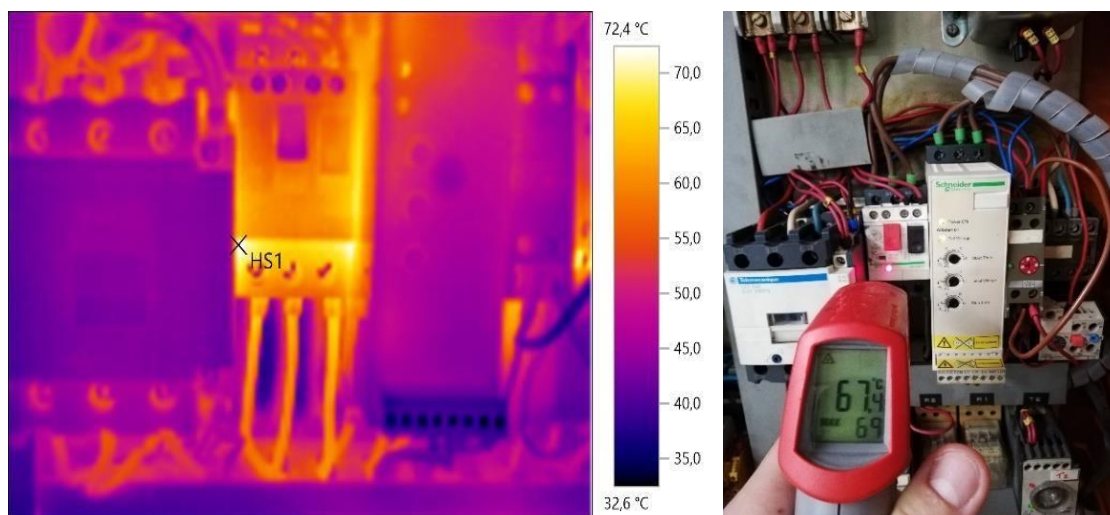


Figura 3.36- Disjuntor térmico sobre análise pormenorizada

Ao analisar o componente com a câmara termográfica detetou-se uma temperatura de 72,4 °C, no entanto com o termómetro digital verificou-se que a sua temperatura seria no máximo 69 °C. Provavelmente nesta situação houve captação de radiação vinda do forno que se encontra atrás do componente e possivelmente espelhamento dos outros equipamentos. Depois do aperto dos parafusos conseguiu-se baixar a temperatura do componente para 63 °C, podendo-se assim concluir que se encontrava com uma temperatura aceitável.

3.15 Segunda análise termográfica

A segunda análise termográfica teve como objetivo verificar se os apertos mecânicos foram suficientes para baixar a temperatura dos componentes, caso o problema não tenha ficado resolvido é necessário identificar a causa das temperaturas excessivas.

Em seguida analisam-se os componentes que mesmo depois do aperto mecânico não houve alguma alteração, ou houve pouca alteração na sua temperatura. Estes componentes foram analisados ao pormenor tentando perceber a causa do problema.

Na tabela 3.5 encontram-se as informações de quando foram realizadas as análises ao quadro.

Tabela 3-5-Informação da medição do Q.C.LP07.3

Informação da imagem	
Localização	Q.C.LP07.3(cont)
Dia/hora	20/02/2020 14:19:05
Câmara	testo 875-1i
Gama de medição	-20 °C a 350 °C
Temp. Máxima	54,8 °C
Temp. Ambiente	20,2 °C

Na segunda realização da análise termográfica voltou-se a verificar-se o disjuntor da primeira análise, figura 3.37, tendo-se constatado que se encontrava na mesma com temperaturas altas, continuando assim com o mesmo problema. Assim foi necessário examinar com mais pormenor, como se pode verificar na figura 3.38, para se perceber o porquê deste componente ter uma temperatura tão alta, sendo que se tratava de um disjuntor de 6 A para 230 V.

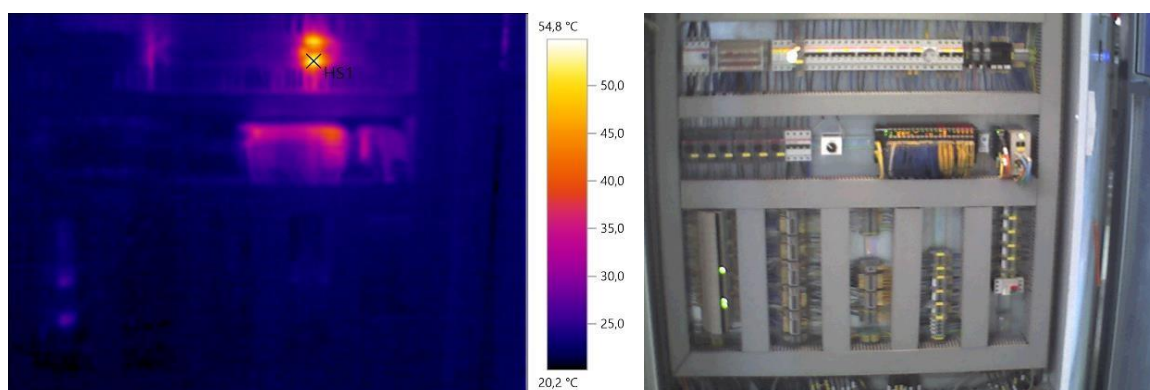


Figura 3.37-Análise ao quadro de comando

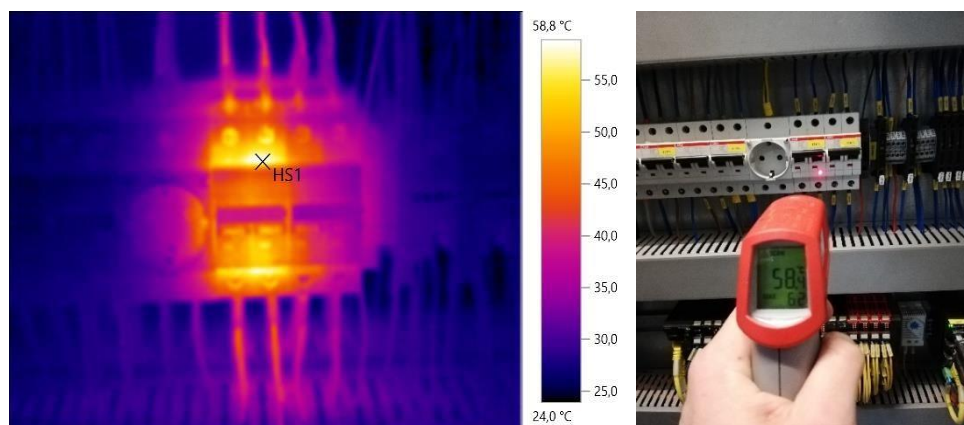


Figura 3.38-Disjuntor sobre análise pormenorizada

Após a análise com o termómetro digital, reparou-se que o disjuntor se encontrava perto dos 59 °C. Uma vez que este disjuntor poderia causar problemas na máquina 7, esta situação foi apresentada ao engenheiro responsável. Reparou-se que o disjuntor de 230 V é alimentado a 24 V DC, o que quer dizer que irá passar muito mais corrente pelo disjuntor do que aquela que está designada, fazendo-o aquecer. Após perceber que se tratava de um componente alimentado em corrente contínua, não foi possível medir a sua corrente, uma vez que seria preciso interromper o circuito, para saber quanta estava a passar no disjuntor. Assim, uma vez identificado o problema da temperatura elevada no disjuntor foi proposto a substituição do mesmo.

Na tabela 3.6 encontram-se as informações referentes ao segundo caso da primeira análise termográfica. Trata-se de mais um componente em que o aperto mecânico não foi o suficiente para resolver o problema.

Tabela 3-6-Informação de medição do Q.C.LP01.1

Informação da imagem	
Localização	Q.C.LP01.1
Dia/hora	20/02/2020 13:06:004
Câmara	testo 875-1i
Gama de medição	-20 °C a 350 °C
Temp. Máxima	64,2 °C
Temp. Ambiente	24,1 °C

A figura 3.39 refere-se ao disjuntor térmico que se viu na primeira análise. Este continuava com uma temperatura de funcionamento normal, no entanto, realizou-se uma segunda análise mais rigorosa para se perceber se a temperatura tinha mudado.

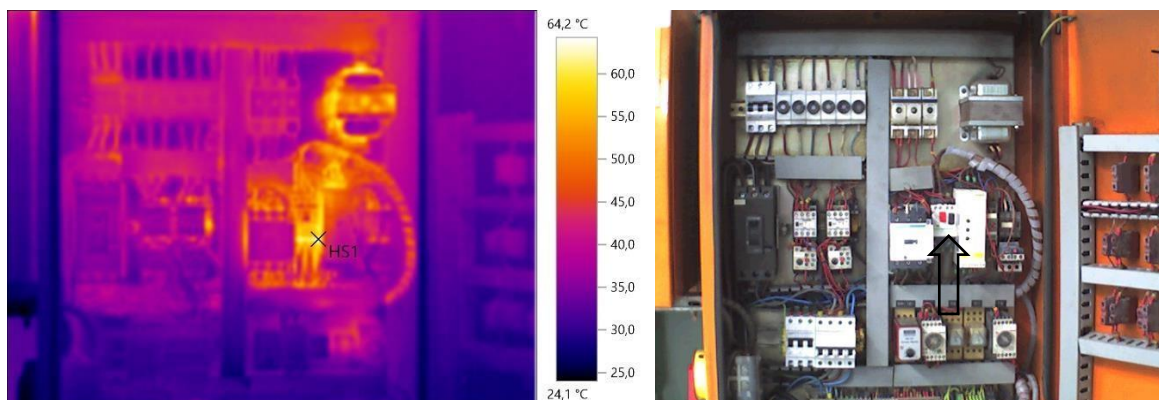


Figura 3.39-Disjuntor térmico sobre análise

Ao realizar a análise com mais detalhe, ver figura 3.40, notou-se que o componente tinha uma temperatura de 70 °C, o que é considerado normal. Pelo mesmo procedimento da primeira análise foi-se conferir com o termómetro digital e reparou-se que a verdadeira temperatura era de 64 °C. No entanto, este componente encontra-se ao pé do forno, o que poderá interferir um pouco na medição da radiação infravermelha, mas como foi visto na primeira análise, estes componentes têm como temperatura de funcionamento um intervalo entre os 60 °C e os 70 °C. Pondo isto tudo em prática não foi necessário substituir o componente.

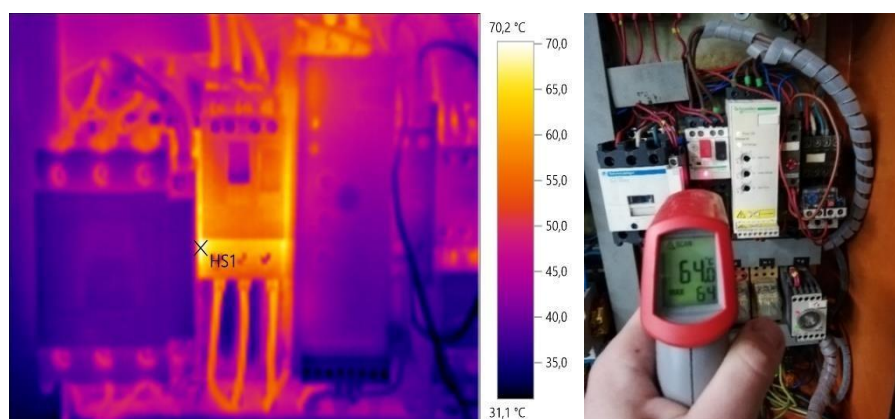


Figura 3.40-Disjuntor térmico sobre análise detalhada

Para além da realização da análise termográfica à instalação de baixa tensão em todos os quadros elétricos e de comando da fábrica, também foi realizada uma análise termográfica em média tensão, nos transformadores que alimentavam os pavilhões da fábrica. Na figura 3.41 a temperatura obtida do transformador 1 é de 38,9 °C e na figura 3.42 a temperatura obtida do transformador 2 é de 23 °C.

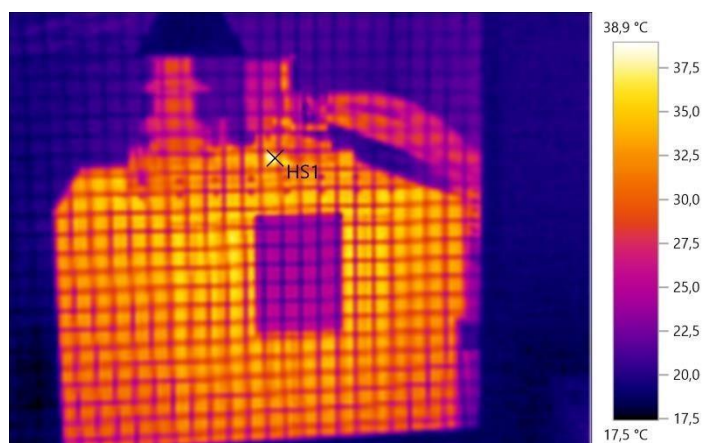


Figura 3.41-Imagem termográfica do transformador da zona 1

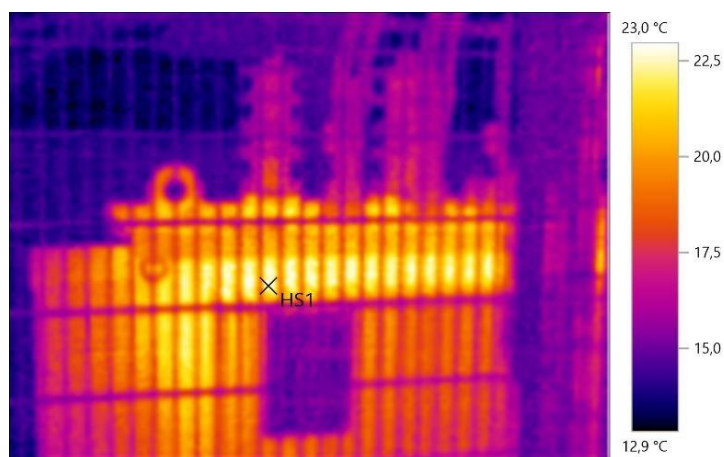


Figura 3.42-Imagem termográfica do transformador dos sectores 15 a 18

Após as análises termográficas chegou-se à conclusão de que a temperatura obtida nos transformadores se encontrava dentro dos parâmetros. No entanto, o transformador da figura 3.42, tem uma temperatura mais baixa, pois não estava na sua carga total. Na altura da medição estava a haver obras nos sectores 15 a 18, e muitas das máquinas encontravam-se desligadas, daí a sua temperatura ser mais baixa comparativamente com o transformador da figura 3.41.

3.16 Erros nas medições

A importância de compreender e detetar os erros na termografia é essencial, uma vez que um erro na leitura pode custar milhares de euros numa paragem da fábrica ou na substituição de um componente desnecessariamente. A seguir encontram-se alguns exemplos de erros de leitura que podiam ter custado uma paragem desnecessária à fábrica.

Na figura 3.43 pode-se ver um exemplo em que a câmara térmica captou radiação vinda do forno da máquina, do qual este quadro faz parte. Depois de uma melhor análise, conclui-se que seria um erro na medição e que seria melhor voltar a medir, usando-se o termómetro digital. Assim, após a medição com um equipamento diferente, notou-se que a sua verdadeira temperatura era de 53 °C. O responsável pela manutenção conferiu que o erro da medição se devia a dois fatores, o primeiro estava associado à radiação vinda do forno, sendo esta captada pela câmara termográfica e o segundo era que a análise foi realizada demasiado perto do componente, captando radiação por espelhamento de outros componentes.

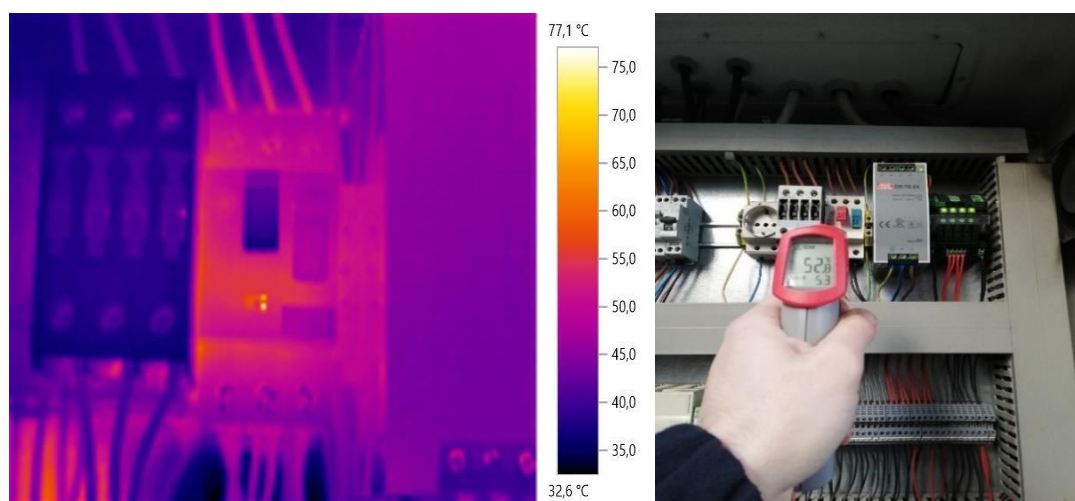


Figura 3.43-Erro de leitura num disjuntor térmico

Na figura 3.44 é apresentado mais um dos exemplos em que foi identificado um erro nas medições. Como se pode ver na figura captou-se uma imagem de uns dos autómatos com

uma temperatura de 55,5 °C, o que seria considerado problemático, pois é uma temperatura elevada para o componente em questão. Após análise do problema concluiu-se que a temperatura vinha dos displays do autómato e seria normal encontrar estes valores de temperatura, uma vez que se encontram sempre a funcionar.

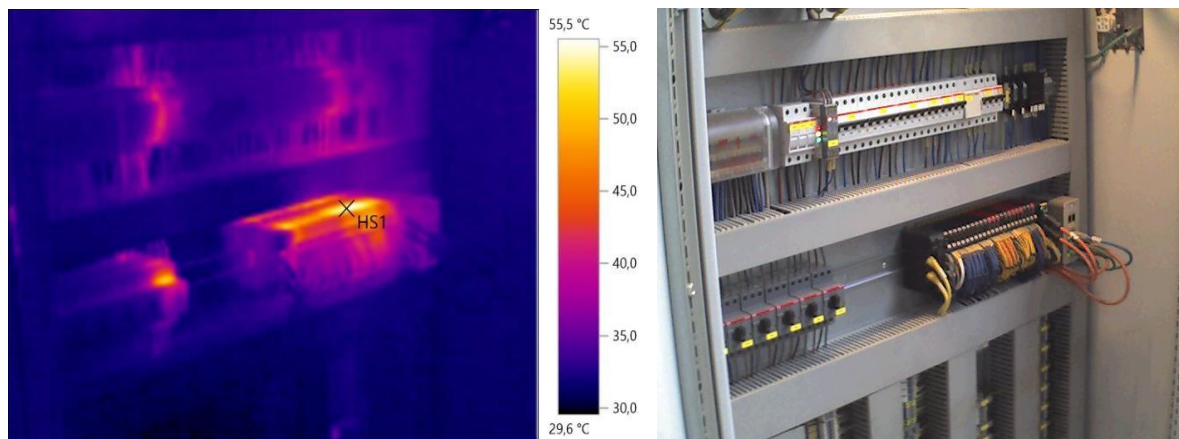


Figura 3.44-Autómatos em análise

A figura 3.45 apresenta um erro, onde a radiação medida é o reflexo do operador da câmara, notou-se isto, porque à medida que se rodava a câmara termográfica o ponto quente mudava de sítio. Isto acontece, pois, a parte que está a refletir a radiação tem pouca emissividade, então a maior parte da radiação medida vai ser a radiação refletida, como se pode verificar na expressão 3.4.

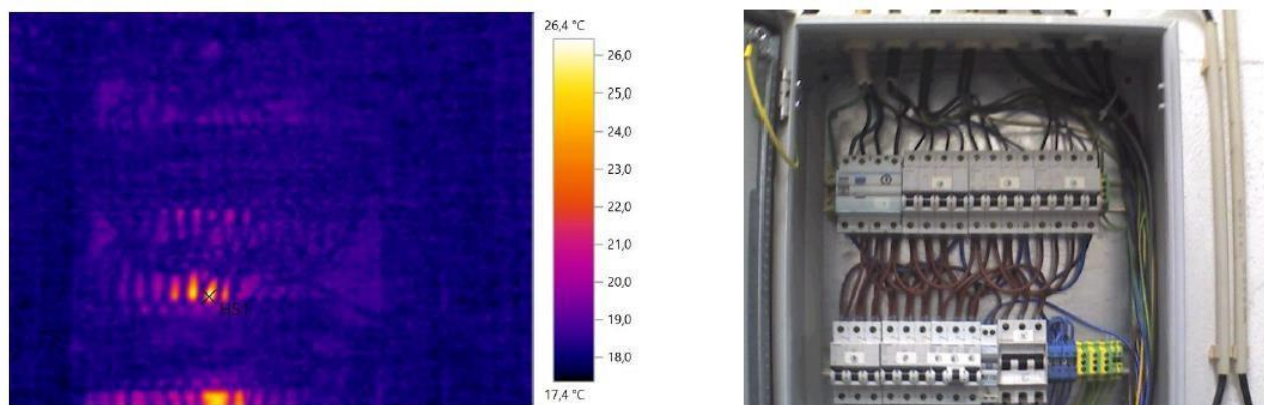


Figura 3.45-Exemplo de reflexo num corpo com pouca emissividade

3.18 Conclusão

A termografia é uma mais valia para a engenharia, principalmente para a área da manutenção. É um processo sem interrupção, ajuda na redução dos custos de manutenção e do consumo de energia, aumenta a vida útil dos componentes, entre muitas outras vantagens. No entanto, esta técnica não se encontra acessível a qualquer um. Para além de ser necessário a aquisição do equipamento, é também fundamental haver capacidade para interpretar as medições realizadas permitindo desta forma identificar situações anómalas e detetar possíveis erros nas leituras.

A execução destas tarefas proporcionaram o contacto com uma realidade que permitiu aprender a trabalhar com os equipamentos necessários para a realização de análises termográficas de uma instalação elétrica. Outro dos aspetos importantes, foi a aquisição de conhecimento mais específico associado à termográfica, interpretação dos resultados obtidos, identificação de possíveis erros nas medidas, assim como processos para a sua correção.

Em relação à instalação elétrica analisada é possível concluir que a mesma não apresenta problemas revelantes associados a aquecimentos excessivos nos diferentes equipamentos que a constituem.

4 Qualidade de Energia Elétrica na Instalação Industrial

4.1 Qualidade de Energia Elétrica

A energia elétrica é um bem essencial para o desenvolvimento da generalidade dos setores de atividades.

Antigamente as principais preocupações associadas à qualidade de energia elétrica (QEE) residia na continuidade de serviço ou na duração das interrupções. Com a evolução das instalações elétricas e o aumento da complexidade das mesmas, principalmente ao nível dos equipamentos utilizados é necessário ter em conta outros parâmetros associados à QEE, a saber: desequilíbrios de tensões, distorção harmónica, sobretensões, cavas de tensões entre outras.

Na perspetiva do operador da rede distribuição de energia, a QEE está geralmente associada à qualidade da onda de tensão e a continuidade de serviço. Em condições normais de exploração, a tensão fornecida ao Cliente é controlada pelo operador da rede de distribuição, sendo a corrente absorvida dependente das cargas alimentadas pelas instalações elétricas.

Em Portugal, destaca-se o Regulamento da Qualidade de Serviço (RQS), sendo este o principal instrumento de regulamentação da QEE do país. O RQS estabelece padrões de qualidade no fornecimento de energia elétrica, no que respeita ao número e duração das interrupções de fornecimento e à qualidade da onda da tensão. Determina-se assim um padrão de qualidade, estabelecendo os adequados mecanismos de atuação e de monitorização, e definindo ainda as penalizações para o seu incumprimento.

É fundamental que haja uma boa QEE, para não haver falhas de equipamentos ou perdas no sistema elétrico. A Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE) é responsável por definir os indicadores que determinam se um sistema elétrico se encontra a funcionar dentro dos parâmetros em termos da QEE. A preocupação dos órgãos reguladores é a qualidade do produto, ou seja, com a forma de onda da tensão, a sua amplitude, distorção harmónica, assim como, o número de interrupção no fornecimento e respetiva duração (EDP, 2005).

4.2 Perturbações da QEE

As perturbações de QEE não se encontram só ao nível dos sistemas de transporte e distribuição de energia, mas também nas próprias instalações dos clientes.

De facto, muitas perturbações de QEE têm origem no equipamento de utilização final de energia, nos Postos de Transformação do Cliente (PTC) ou até mesmo em ramais de Cliente. Um defeito num equipamento de média tensão (MT) do Cliente não afeta simplesmente as instalações desse Cliente, mas todas as restantes instalações alimentadas pela mesma linha de MT.

Muitas destas perturbações ocorrem devido às interrupções longas e breves, às cavas de tensão, às sobretensões transitórias, aos desequilíbrios de tensões e às distorções harmónicas (EDP, 2005).

4.2.1 Interrupções longas e breves

Uma interrupção de curta duração ocorre quando a duração não é superior a 3 minutos, sendo provocada por um defeito transitório. A interrupção longa tem como causa um defeito permanente podendo ter uma duração superior a 3 minutos (EDP, 2005).

Na tabela 4.1 são apresentadas algumas das causas, implicações e respetivas soluções.

Tabela 4-1-Causas, efeitos e soluções nas interrupções

Distúrbios	Causas	Efeitos	Soluções
Interrupções	• Curto-circuito • Atuação de disjuntores • Manutenção preventiva/corretiva	• Avarias cargas eletrónicas e sistemas de iluminação • Interrupção de funcionamento de cargas • Avarias em linha de produção	• Fontes de energia para backup; • UPS; • Grupo Motor Gerador (GMG).

Na figura 4.1 encontra-se um exemplo das interrupções breves.

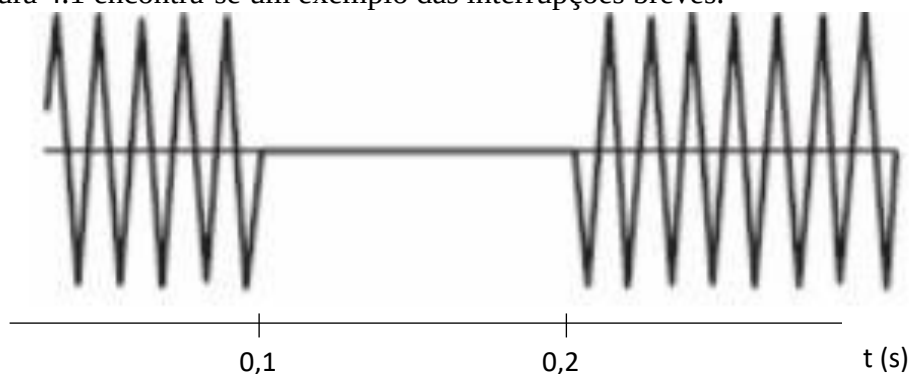


Figura 4.1-Exemplo de Interrupção breve na onda

4.2.2 Cavas de tensão

Na figura 4.2 é possível visualizar um exemplo de cavas de tensões. Estes tipos de perturbações estão normalmente associados a defeitos de isolamento que podem ocorrer nos sistemas de transporte e distribuição ou nas instalações do cliente, sendo caracterizadas por uma redução na amplitude na onda de tensão. Em situações particulares, a ligação de máquinas de grande potência também podem dar origem a cavas de tensão, embora de duração muito superior e amplitude reduzida.

As cavas de tensão com períodos inferiores a 10 ms e abaixo de 10 % não são levadas em consideração. Isto é explicado pelo fato de que os distúrbios com período de duração abaixo de 10 ms são considerados transitórios e quedas de tensão de curta duração menores de 10% são toleradas pela maioria dos equipamentos elétricos.

As principais consequências associadas a este tipo de perturbação são, problemas de funcionamento em contadores, relés eletromecânicos, variadores eletrônicos de velocidade (VEV), equipamento informático, autómatos, diminuição de rendimentos em máquinas elétricas, etc (EDP, 2005), (Rocha, 2016).

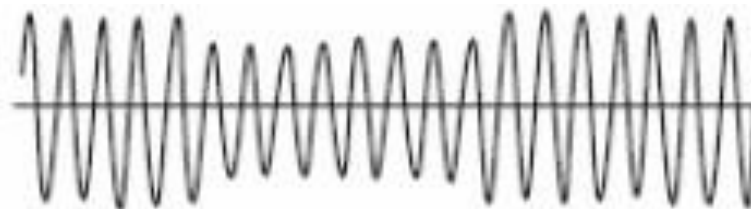


Figura 4.2-Cavas de tensão (Rocha, 2016)

4.2.3 Sobretensões transitórias

Entende-se por transitórios eletromagnéticos as manifestações ou respostas elétricas de alterações súbitas nas condições operacionais de um sistema de energia elétricas. Geralmente, a duração de um transitório é muito pequena, mas de grande importância, uma vez que os equipamentos presentes nos sistemas elétricos estarão submetidos a grandes solicitações de tensão e/ou corrente (Roger, 2004).

As instalações do cliente são sujeitas anualmente a centenas de sobretensões de reduzida severidade, que normalmente não conduzem a consequências significativas. No entanto, algumas sobretensões pontuais, de maior severidade, podem ser particularmente destrutivas para o equipamento sensível que não está adequadamente protegido.

(EDP, 2005)

A figura 4.3 apresenta as principais características dos diferentes tipos de sobretensões que geralmente ocorrem nos sistemas elétricos.

	Duração	Frequência (ou taxa de cresc.)	Amortecimento com a distância
Descargas Atmosféricas	Muito curta (μ s)	Muito alta (até 1000 kV/ μ s)	Forte
Descargas Electrostáticas	Muito curta (ns)	Alta ($\approx$ 10MHz)	Muito forte
Comutação	Curta (ms)	Média (1 a 200 kHz)	Médio
Sobretensões temporárias à frequência do sistema	Longa (s), ou muito longa (horas)	Frequência do sistema (50 Hz)	Não existe

Figura 4.3-Características típicas de sobretensões nas redes elétricas [Séraudie, 1999].

Na tabela 4.2 são apresentadas algumas das causas, implicações e respetivas soluções.

Tabela 4-2-Causas, efeitos e soluções nos transitórios

Distúrbios	Causas	Efeitos	soluções
Transitórios por impulso	• Descargas atmosféricas • Acionamento de cargas, dispositivos de proteção	• Acionamento de circuitos ressonantes • Diminuição do tempo de funcionamento de motores de indução, transformadores, etc • Avaria de processamento de informações e perdas de sinais	• Instalação de filtros • Instalação de para-raios de baixa tensão • Instalação de transformadores com núcleo isolado
Transitórios por oscilação	• Descargas atmosféricas • Acionamento de capacitores, cargas capacitivas e transformares de linha • Transitórios por impulso	• Funcionamento inadequado de equipamentos e unidades de potência, conversores de frequência • Diminuição do tempo de funcionamento de motores de indução, transformadores	• Instalação de filtros • Instalação de para-raios de baixa tensão • Instalação de transformadores com núcleo isolado

Na figura 4.4 é apresentado um exemplo da ocorrência de um transitório por impulso e um por oscilação.

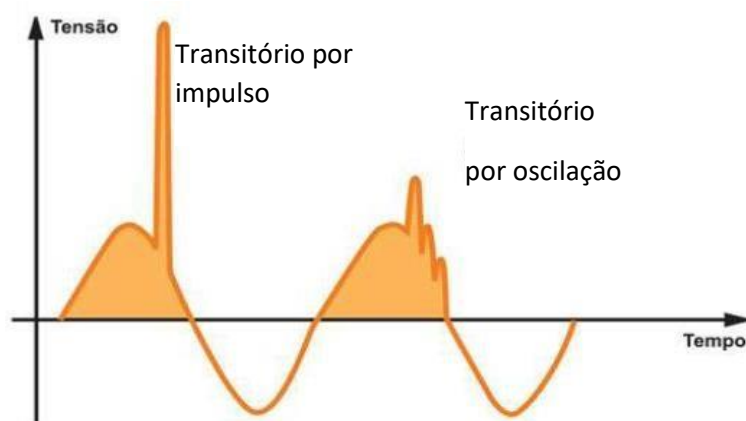


Figura 4.4-Tipos de transitórios

4.2.4 Flutuações de tensão

As flutuações de tensão podem ser definidas como variações cíclicas da tensão, ou como séries de variações relativamente rápidas e aleatórias, tipicamente entre 90% e 110% da amplitude tensão nominal.

O conceito de tremulação ou flicker é definido pelo *European Committee for Electrotechnical Standardization* (CENELEC) como a “sensação de instabilidade visual provocada por um estímulo luminoso, cuja luminância ou repartição espectral flutua no tempo” (EDP, 2005).

A percepção de flicker pelo ser humano depende da frequência e da amplitude das flutuações de tensão. O olho humano distingue variações de luminosidade com frequência inferior a 35 Hz.

As flutuações de tensão são provocadas principalmente por cargas de grande potência, com regimes de funcionamento instáveis, tais como fornos de arco e equipamentos de soldar. Outros equipamentos, como motores de indução com cargas de binário pulsante, fotocopiadoras e equipamento de raios-X também podem dar origem a flutuações de tensão de menor amplitude (EDP, 2005), (Roger, 2004).

Na figura 4.5 é apresentado um exemplo de flutuação do valor da tensão.

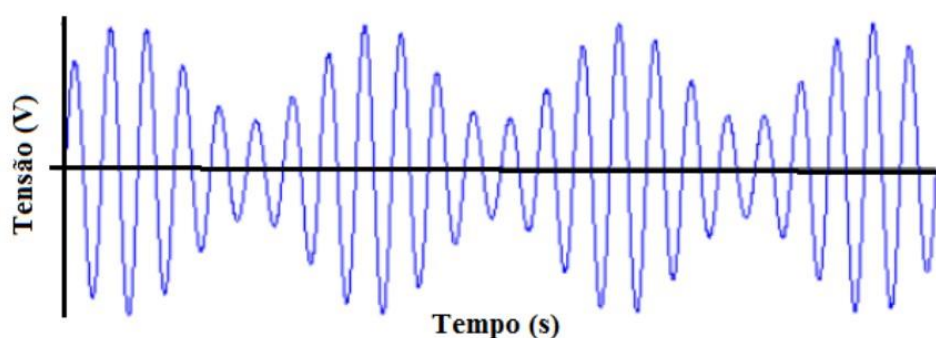


Figura 4.5-Flutuações de tensão (Roger, 2004)

Na tabela 4.3 são apresentados as causas, os efeitos e as suas soluções para flutuações de tensões.

Tabela 4-3-Causas, efeitos e soluções para as flutuações de tensão

Distúrbios	Causas	Efeitos	Soluções
Flutuações	• Cargas intermitentes • Fornos a arco • Arranques de motores	• Flicker • Oscilação de potência e torque nas máquinas elétricas • Queda de rendimento de equipamentos • Interferência na proteção dos sistemas elétricos	• Instalação de bancos de condensadores

4.2.5 Distorções harmónicas

Os harmónicos são tensões ou correntes senoidais de frequências múltiplas inteiras da frequência fundamental (50 Hz) na qual opera o sistema de energia elétrica. Estes harmónicos distorcem as formas de onda da tensão e corrente e são oriundos de equipamentos e cargas com características não lineares instalados no sistema de energia (Roger, 2004).

Os harmónicos de ordem ímpar são muito mais significativos que os harmónicos de ordem par. Os harmónicos de ordem par devem-se geralmente à assimetria da corrente ou da tensão, na presença de uma componente contínua (EDP, 2005).

Na figura 4.6 estão identificados os diferentes tipos de harmónicos e os seus comportamentos na onda sinusoidal.



Figura 4.6-Tipos de harmónicos (EDP, 2005)

Na tabela 4.4 são apresentadas as principais causas, os efeitos resultantes da existência dos harmónicos assim como possíveis soluções a adotar para a sua eliminação.

Tabela 4-4-Causas, efeitos e soluções nos harmónicos

Distúrbios	Causas	Efeitos	Soluções
Harmónicos	Cargas não lineares	- Aquecimentos De cabos eléctricos acima do permitido - Avarias de condensadores - Acionamento indevido de disjuntores, relés.	- Instalação de filtros - Instalação transformadores isoladores

Tendo em consideração que a corrente absorvida por cargas lineares é proporcional à tensão de alimentação, num sistema de tensão sinusoidal a corrente absorvida por este tipo de cargas também é sinusoidal, não dando origem a distorção harmónica. Elementos como resistências, condensadores e bobinas com núcleo não saturado são consideradas cargas lineares.

As cargas não-lineares são caracterizadas por não apresentarem impedância constante com a variação de tensão. Assim, a corrente absorvida não é proporcional à tensão, assumindo formas de onda não sinusoidais. As cargas não-lineares mais comuns são constituídas por módulos eletrónicos, que incluem díodos, transístores, tirístores, etc. Existem ainda outras cargas não-lineares tais como lâmpadas de descarga e bobinas com núcleos ferromagnéticos a funcionarem em regime de saturação (EDP, 2005).

4.2.6 Desequilíbrios de tensão

O desequilíbrio de tensão acontece quando os valores eficazes das fases ou defasagens entre tensões de fases consecutivas, num sistema trifásico, não são iguais. Este problema tem origem na má distribuição das cargas na rede de distribuição ou quando estamos em presença de cargas monofásicas em elevado número.

Na figura 4.7 encontra-se um exemplo de desequilíbrio de fases e na tabela 4.5 são apresentadas as principais causas que podem provocar o aparecimento destas perturbações, os principais efeitos assim como possíveis soluções.

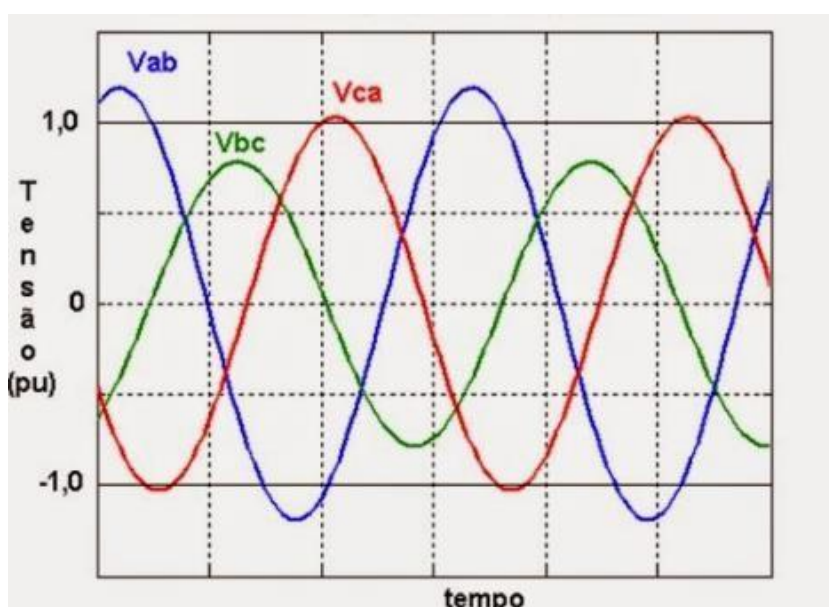


Figura 4.7-Desequilíbrios entre fases

Tabela 4-5-Causas, efeitos e soluções para os desequilíbrios de tensão

Distúrbios	Causas	Efeitos	Soluções
Desequilíbrios	- Fornos a arco - Cargas monofásicas e bifásicas - Assimetrias entre as impedâncias - Falta de transposição de linha de transmissão	- Redução da vida útil de motores de indução e máquinas síncronas - Geração, pelos retificadores, de 3º harmónico e seus múltiplos	- Operação simétrica - Dispositivos de compensação

4.3 Análise à Instalação Elétrica Industrial

Nesta secção são apresentados os casos práticos da análise da rede elétrica efetuada à instalação elétrica da unidade industrial durante um período de 6 dias. O equipamento de monotorização foi ligado durante três dias em cada quadro geral. Esta estratégia é justificada pelo facto de a unidade industrial ter um ciclo de funcionamento de 24 horas, 7 dias por semana.

Como é uma zona que tem muitos cortes na rede é sempre uma mais valia analisar o comportamento da rede, para ver se existe alguma anomalia e o porquê de isso estar a acontecer. Uma vez que a instalação das UPS se encontra instalada no quadro geral de BT, é de esperar que a onda da rede não se encontre com muitos problemas, uma vez que as UPS vão filtrar quais queres anomalias que possam chegar à rede.

Para se poder realizar a análise à instalação elétrica da unidade industrial foi preciso ligar um analisador às três fases do quadro geral mais o neutro. Foram usadas pinças de corrente e de tensão para realizar as ligações (figura 4.8 a) e b) respetivamente).



a)

b)

Figura 4.8-a) Pinça de corrente, b) Pinça de tensão

Na figura 4.9 está representado o modo de ligação.

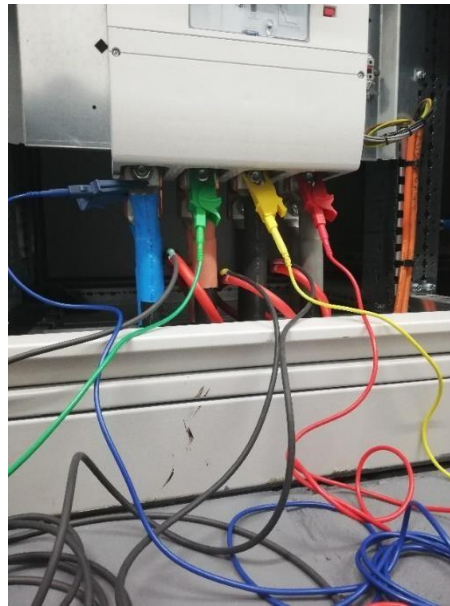


Figura 4.9-Modo de ligação

4.3.1 Software utilizado para analisar a informação recolhida pelo analisador

O software utilizado foi o *Power Analyser Transfer* (PAT), que permite visualizar a informação recolhida pelo analisador. Como é possível observar na figura 4.10, pode-se analisar o comportamento da onda de tensão e de corrente.

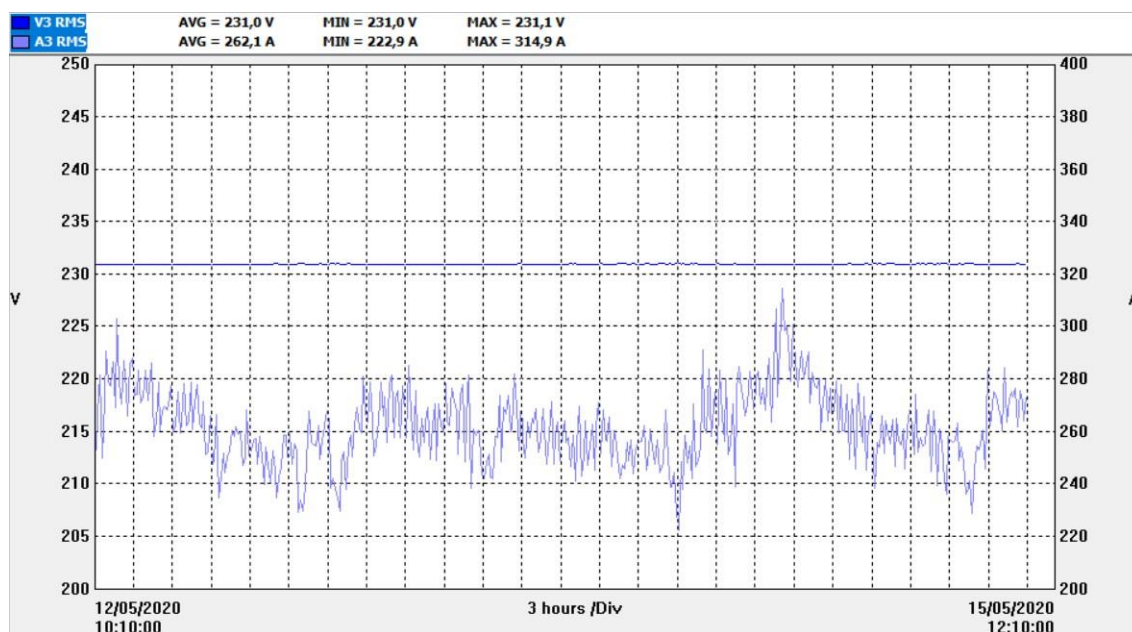


Figura 4.10-Resultados obtidos pelo software

4.3.2 Caso prático

O equipamento usado, figura 4.11, foi o *chauvin arnoux* CA.8332 que foi emprestado pelo ISEC. Com este equipamento é possível medir e guardar a informação das medições de corrente, tensões, potência aparente, ativa, reativa, harmónicos, desequilíbrios de fases, etc.



Figura 4.11-Equipamento usado nas análises

Antes de se ligar o analisador foi preciso configurá-lo, escolhendo a sua velocidade de transmissão, o tipo de ligação, as pinças usadas, a data e se seria preciso medir os harmónicos.

Neste caso foi usado o método de ligação de 4 fios, 3 pinças amperimétricas e 4 pinças de tensão, sendo uma delas ligada ao neutro, como está apresentado na figura 4.12.

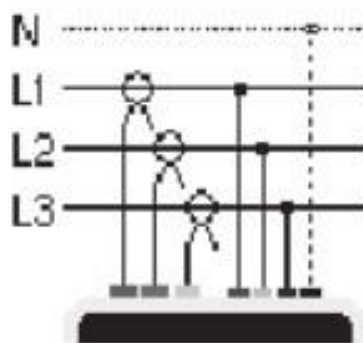


Figura 4.12-Esquema de ligação

Depois de obter alguns dados, foi possível verificar, figura 4.13, que a frequência se encontrava dentro dos parâmetros normais, sem haver nenhum desvio considerável.

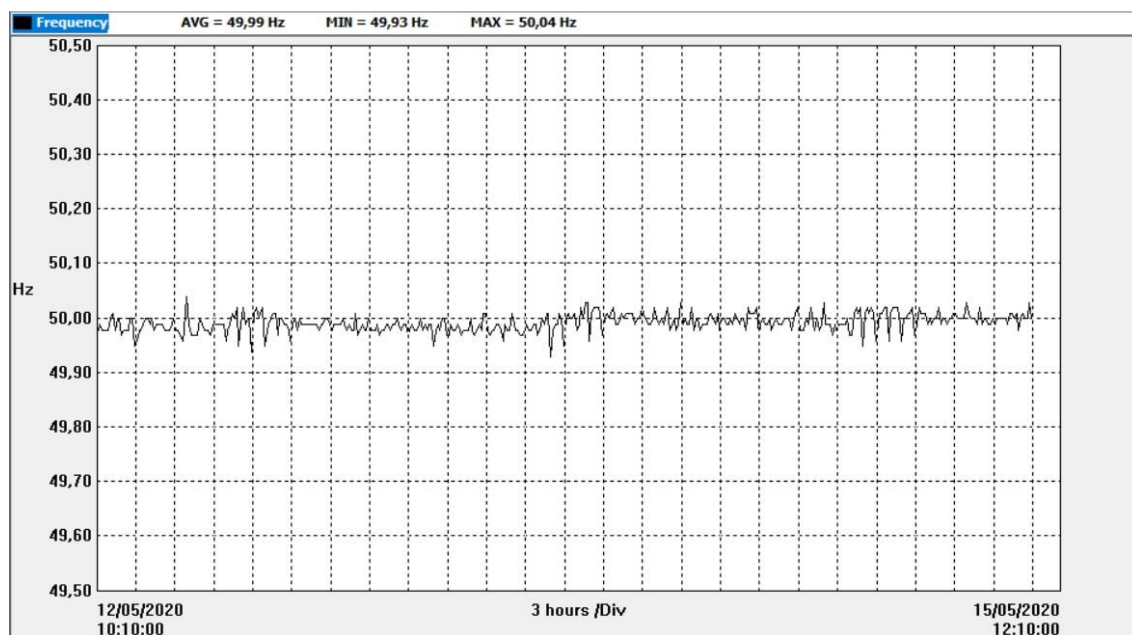


Figura 4.13-Frequência

Primeira análise

A primeira medição realizou-se no segundo quadro geral da fábrica, que alimenta o *Covering*, a costura, tricotagem e armazém. A figura 4.14 apresenta o gráfico da corrente da primeira fase do quadro geral, bem como os valores médios da corrente nas três fases e consegue-se observar que não há grande desequilíbrios entre elas.

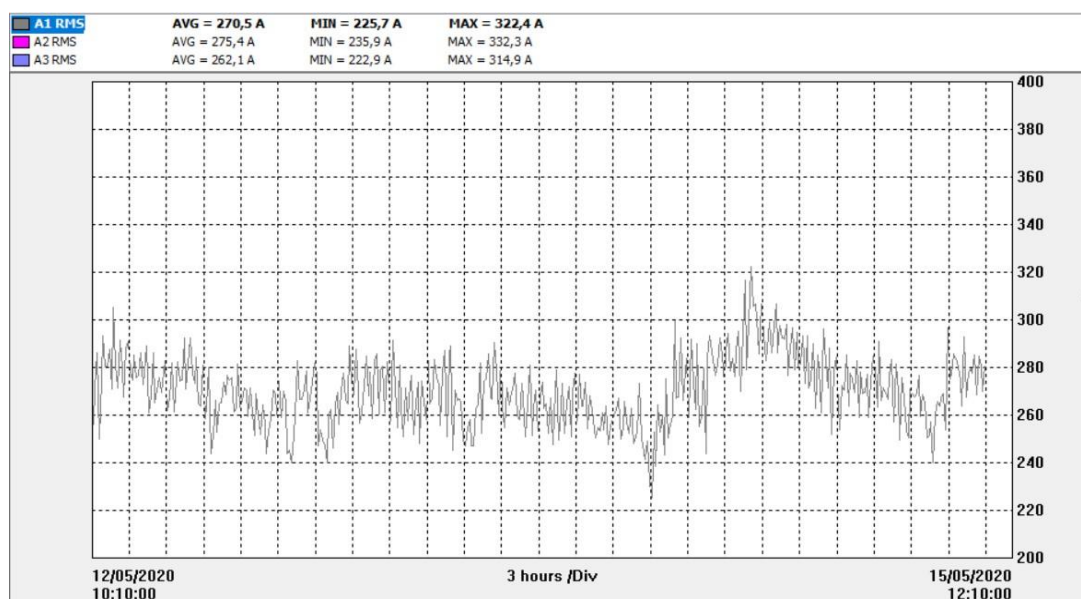


Figura 4.14-Onda de corrente da primeira fase

Na figura 4.15 é possível visualizar a potência aparente em cada fase e o seu total.

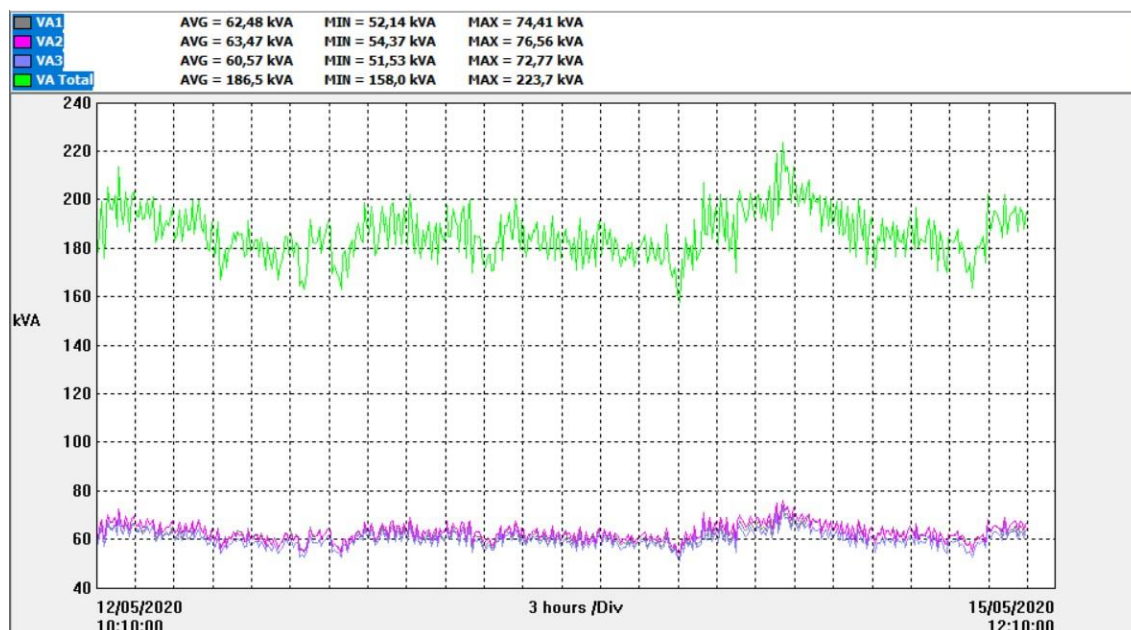


Figura 4.15-Onda da potência aparente

Segunda análise

A segunda medição foi executada no primeiro quadro geral, que se encontra na zona 1 (tabela 2.1) que alimenta mais de metade das cargas da unidade industrial. Na figura 4.16 consegue-se visualizar a onda da corrente e notar que existem algumas variações. Isto sucede-se, pois, à noite, os escritórios e laboratórios não se encontram a trabalhar, só as máquinas de produção LP01, LP02 e LP03 é que se encontram a funcionar, daí haver uma diminuição no valor da corrente. Na primeira fase entre as 18 horas e as 9 da manhã do dia 19 de maio, como se pode confirmar na figura 4.16, é a altura em que o gráfico da corrente começa a descer e depois volta a subir, havendo uma diminuição na corrente mais ou menos no valor de 50 A.

Ao analisar as ondas de corrente das outras duas fases, figura 4.17 e 4.18, nota-se que o comportamento do gráfico da corrente é igual, pelo que se pode afirmar que não há nenhum problema com a instalação referente ao primeiro quadro geral.

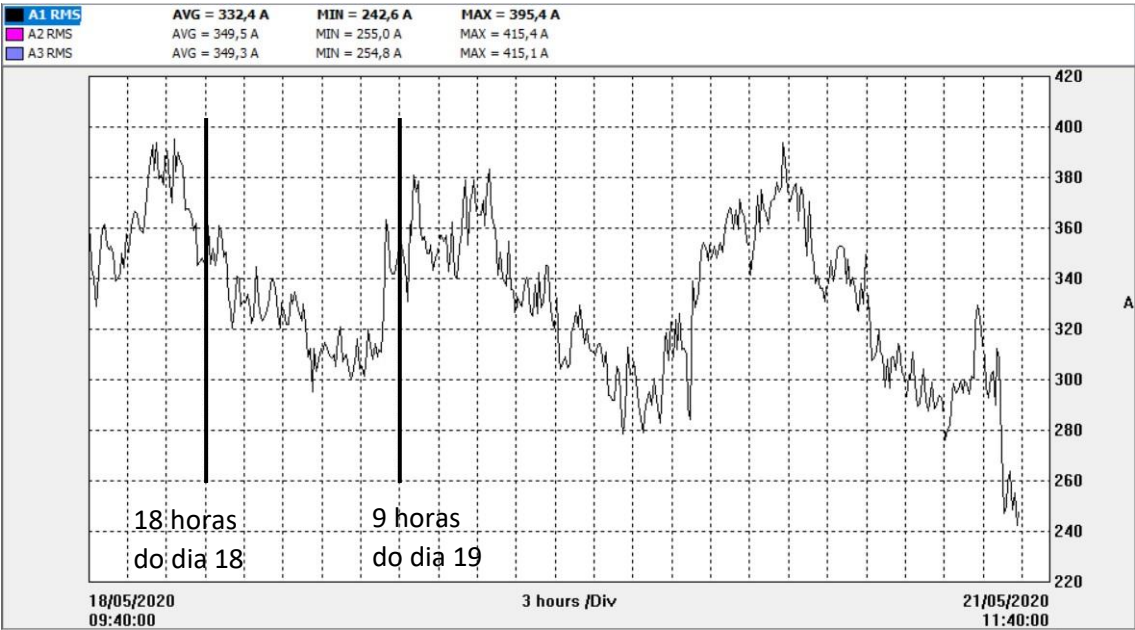


Figura 4.16-Onda de corrente da primeira fase

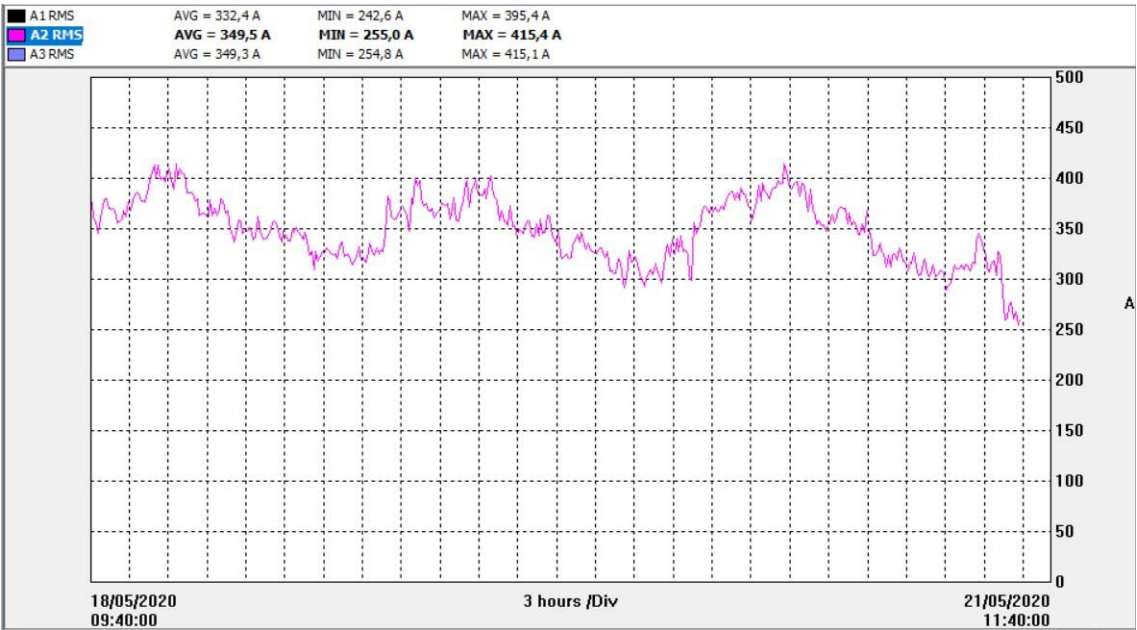


Figura 4.17-Onda de corrente da segunda fase

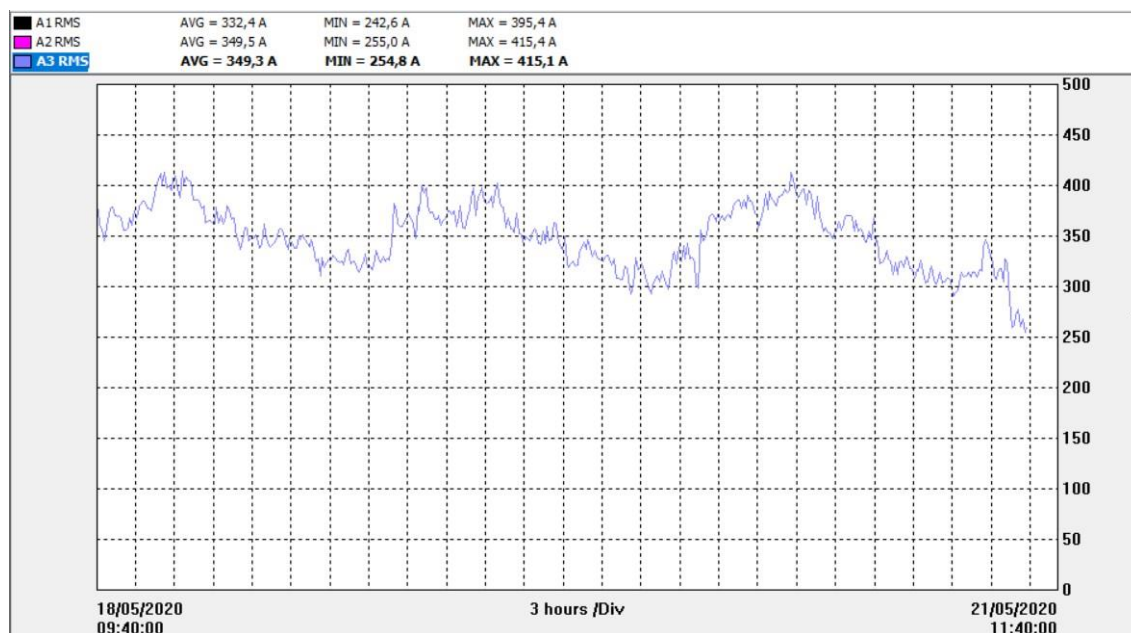


Figura 4.18-Onda da corrente da terceira fase

Terceira análise

A terceira medição foi realizada numa das máquinas mais problemáticas da unidade industrial. Esta é a máquina com a maior produção em toda a fábrica, conseguindo fabricar cerca de 70 mil luvas num dia. Assim sendo, terá mais horas de trabalho o que implica um desgaste maior nas peças e nos componentes eletrónicos, sendo preciso uma manutenção mais frequente, normalmente realizada aos fins de semana. Na figura 4.19 é possível visualizar o impacto destas ações de manutenção, na diminuição do valor da corrente. Ainda na figura 4.19, dentro do círculo, é possível observar uma diminuição muito significativa no valor da corrente. Esta diminuição é justificada por uma paragem repentina de meia hora, como se pode observar com mais detalhe na figura 4.20. Estas interrupção serviu para se realizar o reaperto das barras de luvas. Este processo consiste em parar a máquina e reapertar os parafusos que seguram as barras, para não haver desnivelamento. No entanto, é preciso trabalhar com a máquina em modo manual, para que se possa ir trocando de barras, é por isso, que se verifica uma corrente de 20 A a ser consumida.

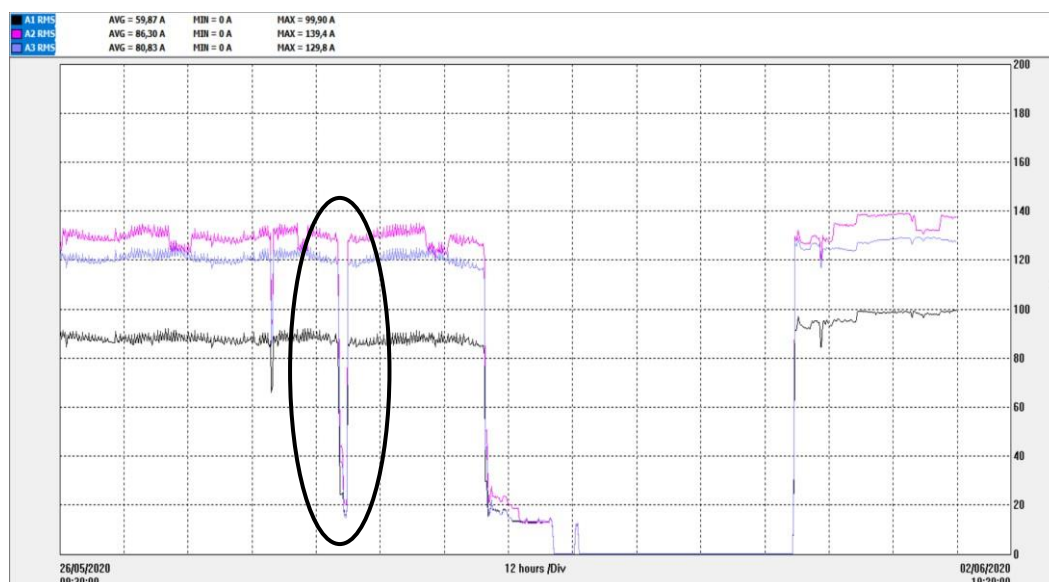


Figura 4.19-Ondas de corrente das três fases

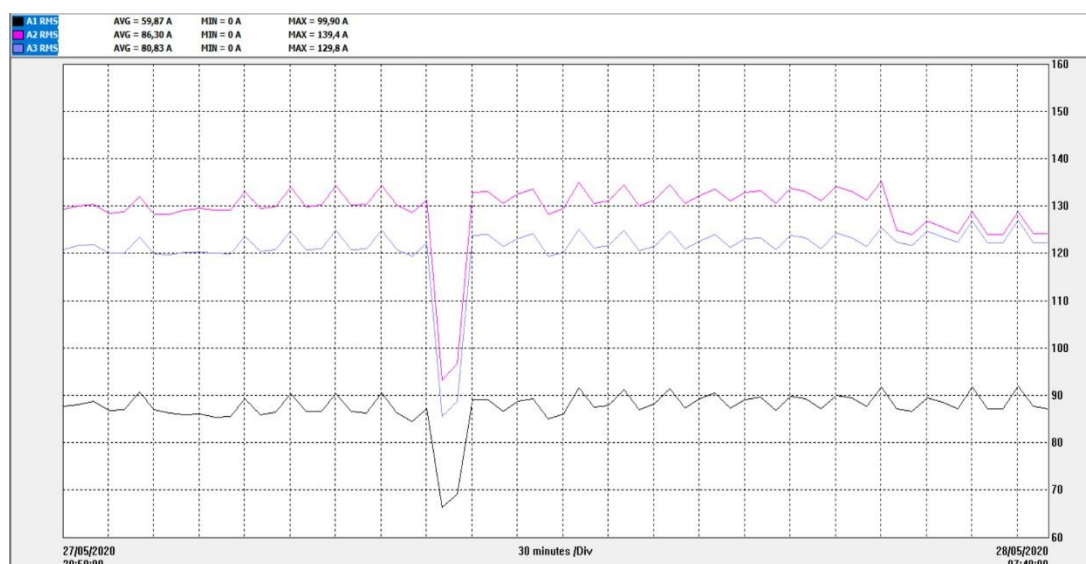


Figura 4.20-Ondas de correntes das três fases detalhada

Para além de haver estas paragens, o que chamou mais a atenção foi o desequilíbrio de consumo entre fases, como se pode conferir na figura 4.19. A terceira fase tem uma diferença de 30 A e a segunda uma diferença de 40 A, as duas, em relação à primeira fase.

Esta diferença é justificada com a quantidade de componentes monofásicos que existem na máquina. Quando alimentados é necessário escolher uma das fases para o fazer, caso não haja cuidado na escolha, a mesma fase pode vir a alimentar vários componentes monofásicos, fazendo aumentar o desequilíbrio de consumo entre fases. Assim sendo, foi sugerido estabelecer uma distribuição mais equilibrada das cargas monofásicas entre as três fases.

4.4 Realização dos esquemas de quadros elétricos

O *software* EPLAN Electric P8, figura 4.21, oferece possibilidades ilimitadas para elaboração do projeto, documentação e gestão de projetos de automação. A produção automática de relatórios detalhados com base em esquemas de ligação é uma parte integrante de um sistema de documentação completo e fornece as fases subsequentes do projeto, tais como produção, montagem, comissionamento e manutenção com os dados necessários. No estágio tive a oportunidade de utilizar o *EPLAN Electric P8* para realizar a construção esquemática de todos os quadros elétricos da fábrica. No anexo A encontram-se mais alguns exemplos dos esquemas realizados.

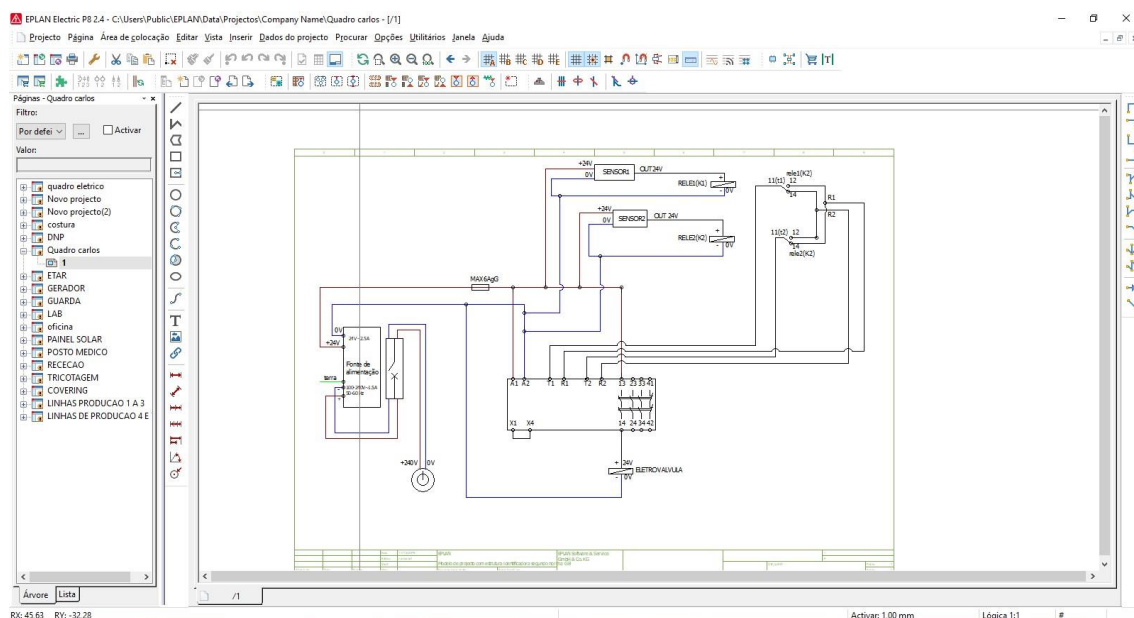


Figura 4.21-Software EPLAN

A elaboração destes esquemas foi mais um dos trabalhos que me tinha sido atribuído. Foi preciso fazer o levantamento de todos os componentes dos quadros elétricos para poder realizar os esquemas. Ao realizar o levantamento dos componentes que faziam parte dos quadros elétricos, identificou-se que estes estão equipados com interruptores diferenciais, com proteção de 0.3 A, o que significa que existe proteção contra contactos indiretos. A realização dos esquemas serviu para aprender a trabalhar num *software* novo e para a empresa serviu para reforçar a informação das instalações elétricas.

A figura 4.22 apresenta o exemplo de um quadro elétrico com proteção diferencial.

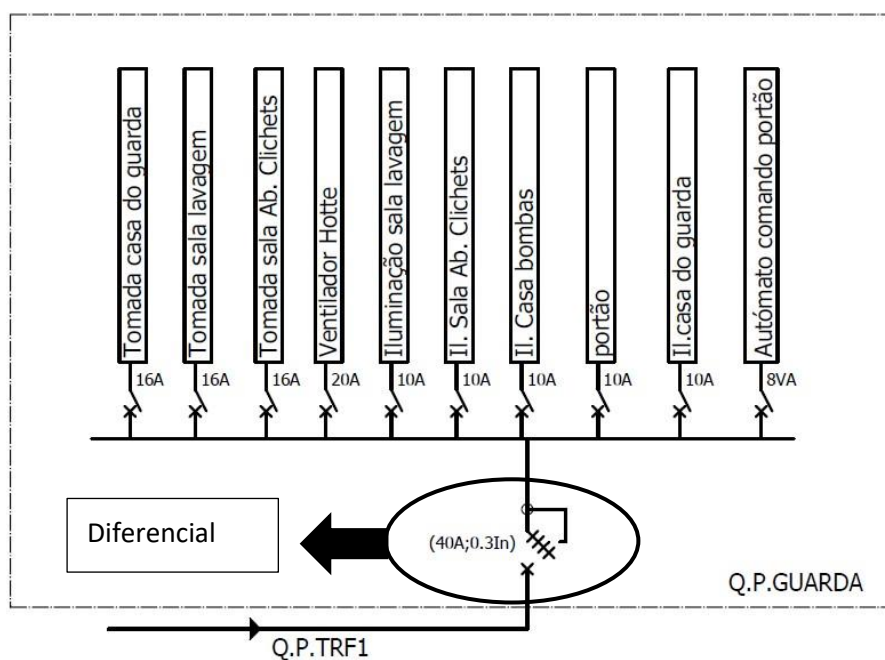


Figura 4.22-Exemplo de quadro elétrico com diferencial

Na figura 4.23 encontra-se representado um exemplo de um quadro elétrico que foi construído utilizando o *EPLAN Electric P8*.

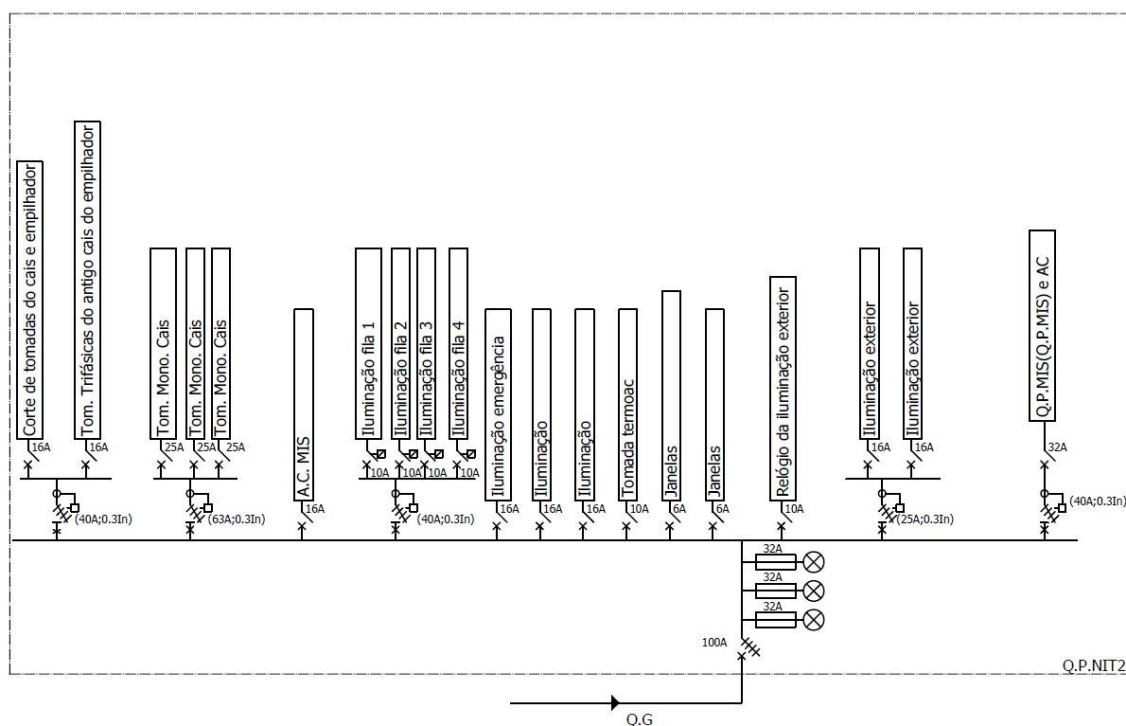


Figura 4.23-Esquema de quadro elétrico construído em EPLAN

4.5 Medição de terras

Conseguir um ótimo valor de resistência no sistema de terras é fundamental para a segurança e eficiência de uma instalação elétrica. Além da segurança, uma correta ligação à terra deve assegurar a funcionalidade dos sistemas de proteção, minimizar o ruído eletromagnético e as sobretensões resultantes de descargas atmosféricas ou electrostáticas (EDP, 2005).

O valor da resistência da terra depende fundamentalmente da:

- Resistência de contacto entre o equipamento protegido e do condutor de terra,
- Impedância do condutor e contacto da conexão dos eléctrodos,
- Resistência do próprio eléctrodo,
- Resistência de contacto entre o eléctrodo e o solo,
- Resistência do sistema de eléctrodos.

Para obter um bom valor para a resistência da terra devemos ter em atenção os seguintes fatores:

- Tipo de terreno,
- Humidade do terreno,
- Salinidade do solo,
- Temperatura do solo,
- Granulação do terreno,
- Compactação do terreno,
- Estratografia,
- E outros.

Uma vez que o regime é o TT existe uma terra de serviço e uma terra de proteção.

Um bom sistema de terras deverá ter um valor de resistência inferior a $20\ \Omega$ (RTIEBT, 2006) e devese sempre ser verificada anualmente no estio recorrendo ao método de dois eléctrodos auxiliares que vem a equipar os mega ohmímetros destinados para o efeito (Pita, 2017).

4.6 Sistemas de terra

Há várias configurações de ligação à terra do neutro e do condutor de terra de proteção, podendo ser verificados nas Regras Técnicas das Instalações de Baixa Tensão (RTIEBT, 2006), indicados nas secções 312.2.1 a 312.2.4. Nos pontos representados a seguir serão apresentados os diferentes tipos de regimes de ligação à terra.

4.6.1 Regime TT

O esquema TT tem um ponto da alimentação ligado à terra, sendo as massas da instalação ligadas a eléktrodo de terra distintos do eléktrodo de terra de serviço. Este regime é o que se encontra instalado na Ansell (RTIEBT, 2006).

A figura 4.24 apresenta o esquema de ligação do regime TT.

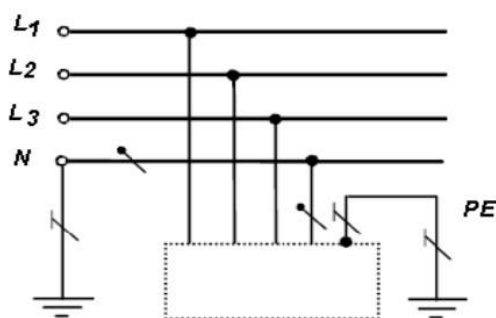


Figura 4.24-Esquema em TT (RTIEBT, 2006)

4.6.2 Regime TN

Dentro do regime TN existem três variações, o regime TN-C, o regime TN-S e uma combinação dos dois o regime TN-C-S. No regime TN-C as funções de neutro e de proteção são combinadas num único condutor em todo o circuito. A figura 4.25 apresenta o esquema de ligação do regime TN-C (RTIEBT, 2006).

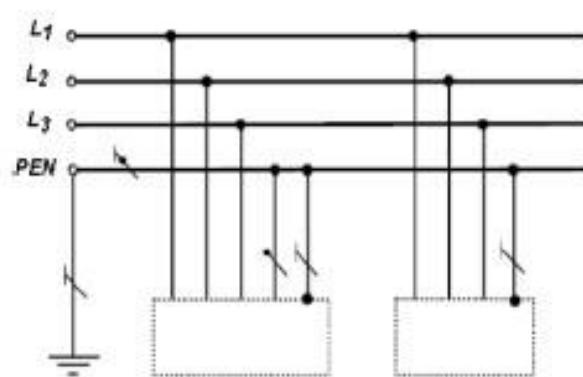


Figura 4.25-Esquema do regime TN-C (RTIEBT, 2006)

No regime TN-S o condutor de proteção é distinto do condutor do neutro na totalidade da instalação elétrica, figura 4.26 (RTIEBT, 2006).

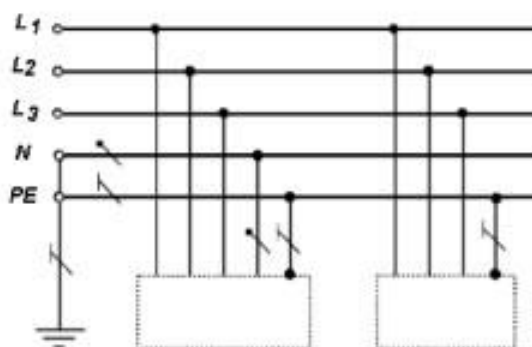


Figura 4.26-Esquema do regime TN-S (RTIEBT, 2006)

No regime TN-C-S as funções de neutro e de proteção são combinados num único condutor numa parte do circuito. A figura 4.27 representa o esquema de ligação do esquema TN-C-S (RTIEBT, 2006).

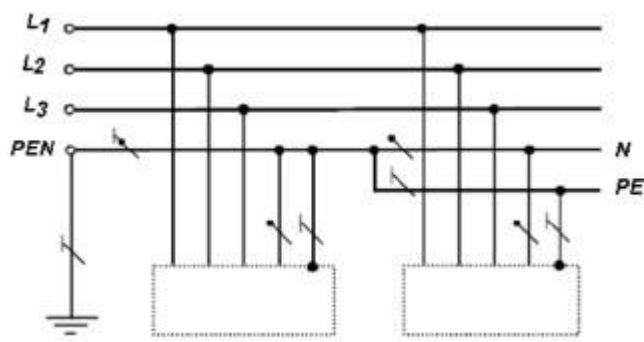


Figura 4.27-Esquema do regime TN-C-S (RTIEBT, 2006)

4.6.3 Regime IT

Nesta configuração, todas as partes ativas estão isoladas da terra ou um ponto destas está ligado à terra por meio de uma impedância, sendo as massas da instalação elétrica ligadas à terra. A figura 4.28 apresenta o esquema de ligação do regime IT (RTIEBT, 2006).

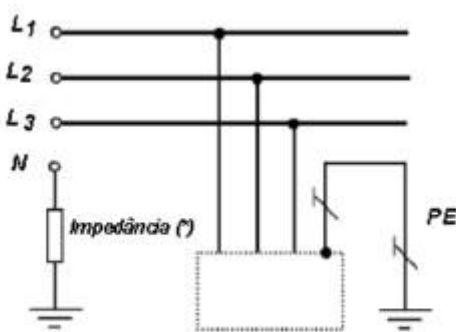


Figura 4.28-Esquema do regime IT (RTIEBT, 2006)

4.7 Caso prático

A medição dos sistemas de terras foi realizada no início de dezembro. O engenheiro que foi responsável pela medição trouxe o seu equipamento de medição, figura 4.29. Durante as medições ele foi explicando os procedimentos necessários e como as executava.



Figura 4.29-Equipamento utilizado para as medições de terras

Na figura 4.30 podemos ver a ligação ao eletrodo de terra e na figura 4.31 podemos ver o método de ligação usado para medir a terra na instalação. O método utilizado para a medição do sistema de terras é o da queda de tensão de 3 e 4 fios. O medidor de terras requer uma ligação de três fios, no entanto, os mais precisos podem precisar de uma quarta ligação para eliminar a resistência dos próprios cabos. Este método consiste em espetar dois eletrodos de cobre na terra, em linha reta, de seguida o medidor de terras injeta corrente alternada através da terra que está a ser medida e o eletrodo mais longe. A seguir

mede-se a queda de tensão entre a terra e o eléctrodo que se encontra entre a terra e o eléctrodo mais longe, depois a partir da lei de ohm calcula-se a resistência entre esses dois pontos.



Figura 4.310-Eléctrodo de terra



Figura 4.301-Medição da terra de serviço

Na figura 4.32 encontra-se o esquema do método utilizado para a realização das medidas dos sistemas de terra.

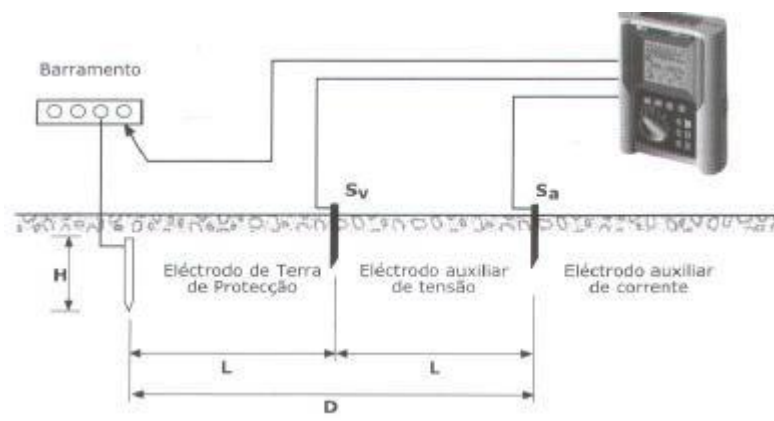


Figura 4.32-Esquema do método 3P (Pita F. J. 2016)

Depois de realizar todos os testes às terras de serviço e terras de protecção, foi necessário executar o teste na tomada, figura 4.33. Este teste serve para verificar se os valores que foram obtidos no método da queda de tensão de 3 e 4 fios correspondem aos que foram medidos na terra de serviço e protecção, assim consegue-se verificar se as tomadas estão com protecção à terra.



Figura 4.33-Teste na tomada

A figura 4.34 apresenta, para um esquema em regime TT, como funciona o método da tomada. Neste procedimento o aparelho injeta na tomada 15 mA passando pela malha de defeito, originando assim, o valor da resistência da malha.

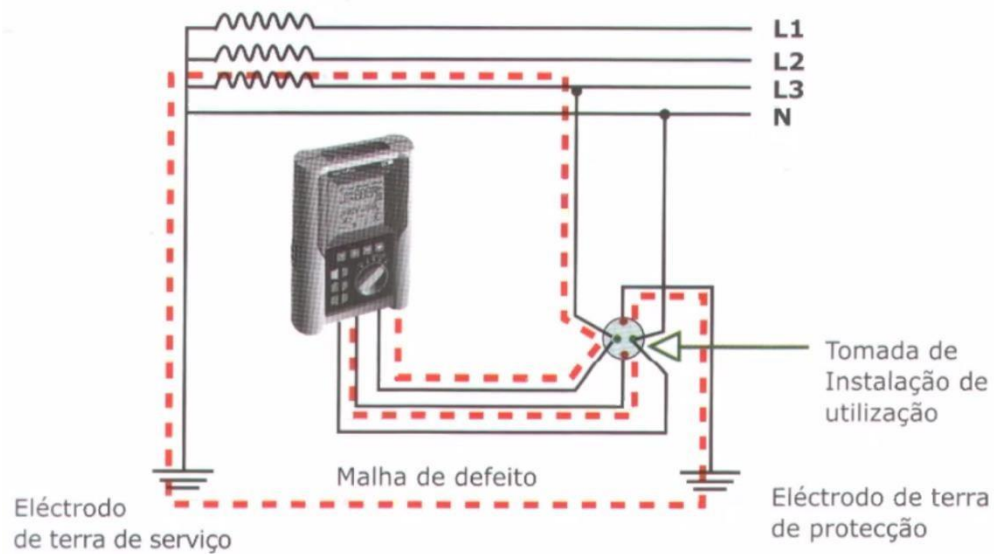


Figura 4.34-Esquema do método de análise pela tomada (Pita F.J. 2016)

4.8 Conclusão

Uma boa qualidade de energia elétrica é fundamental para um bom funcionamento da unidade industrial, para não haver interrupções de energia nem falhas nos sistemas, o que poderia levar a uma paragem subita na fábrica. Com os resultados óbitos das análises termográficas, da análise da rede elétrica e da manutenção das terras, pode-se concluir que as instalações elétricas, mais concretamente os quadros elétricos e os de comando, não se encontravam com problemas. A rede da instalação da fábrica não continha nenhum problema, visto que nas análises das instalações elétrica não foi captado nenhum, e na manutenção das terras conferiu-se que todos os valores estavam dentro dos parâmetros considerados normais.

5 Conclusões

O estágio realizado na empresa Ansell Portugal tornou-se uma mais valia no meu percurso académico, uma vez que permitiu assimilar novos conhecimentos, como a utilização de novos softwares e novos equipamentos. Foi também possível aplicar alguns conceitos que aprendi na licenciatura e no mestrado, pondo-as em prática. A juntar a isto, o estágio foi importante, pois permitiu obter os primeiros contactos com o meio industrial.

Embora neste relatório o tema principal seja a manutenção em instalação elétricas, tais como, a termografia e a análise da rede elétrica, durante o estágio também foi possível realizar vários esquemas para quadros elétricos e quadros de comando usando os *softwares*, *EPLAN* e o *AutoCAD*. Para além disso foi possível acompanhar o engenheiro eletrotécnico da empresa na manutenção das máquinas e o engenheiro projetista da empresa na solução de alguns problemas. Também houve a possibilidade de acompanhar um engenheiro eletrotécnico vindo de fora para a realização da manutenção das terras de serviço e proteção.

Atualmente a utilização da termografia tem vindo a aumentar, pois é um método muito prático para a manutenção preventiva e preditiva, uma vez que não é preciso intervir no componente podendo efetuar medições mesmo este estando a funcionar. Mesmo que seja um método fácil de se usar é necessário algum conhecimento e prática, para perceber e analisar os resultados obtido, uma vez que existem muitos fatores exteriores que podem afetar a medição em questão, como pode ser visto no capítulo 3, no ponto 3.16, erros de medição.

A qualidade da energia elétrica nunca pode ser dispensada, é graças a ela que é possível manter a unidade fabril a funcionar sem problemas. Assim a análise à instalação elétrica e a manutenção das terras de serviço e proteção serviram para manter a qualidade da energia elétrica da fábrica no seu melhor. Como pode ser visto no capítulo 4, tanto nas análises como na manutenção das terras, não foram apresentados quaisquer valores irregulares na instalação elétrica, podendo-se garantir que a fábrica se encontra a funcionar bem e com uma boa qualidade de energia elétrica.

No final, os objetivos do estágio foram cumpridos com sucesso e será sempre uma mais valia para a minha vida profissional e pessoal.

Referências

Albuquerque, C. J. M., Fortes, M. Z., & de Souza, M. P. (2011). “Ações preditivas na manutenção-termografia: uma visualização de oportunidade de ganhos energéticos.” In IV Congresso Brasileiro de Eficiência Energética.

ARAÚJO, R. A., BARBOSA, L. C., & SINISCALCHI, R. T. (2008). “Os impactos da aplicação da termografia na operação do sistema elétrico de furnas e as ações adotadas para buscar a máxima operacionalidade, produtividade e confiabilidade do sistema” X EDAO. São Paulo:[sn].

Arruda, E. F. D. (2003). “Análise de distúrbios relacionados com a qualidade da energia elétrica utilizando a transformada Wavelet” (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).

Barros (2018) - Barros, W. K. P., Diniz, C. F. D., Araújo, V. R. S., Barros, N. R. P., de Menezes Fonceca, E. F. B., & de Oliveira Neto, J. A. (2018). “A utilização termografia para a melhoria da gestão da manutenção a partir da identificação, à distância, de falhas em equipamentos e sistemas/The use of thermography to improve maintenance management from the remote identification of faults in equipment and systems”, Brazilian Journal of Development, 4(6), 2801-2810.

Dionísio, A. R. G. (2017). “A termografia como base de avaliação biomecânica em contexto de investigação e observação clínica” Tese de Mestrado, Instituto Superior de Engenharia em Coimbra, Setembro 2017

DMC, (2020). “Termografia” web site - <https://www.dmc.pt/termografia/> [Consultado em 15/11/2020]

Duro, B. A. N. (2016). “Manutenção de instalações elétricas: Plano de manutenção para edifício DEEC” Tese de mestrado, Univerdade de Coimbra, Setembro 2018

EDP (2005). “Manual da qualidade da energia elétrica.” Manual Técnico

Essentia editora, (2010). “Aplicação da termografia na manutenção preventiva” Revista técnica

Essentia editora, (2012). “Termografia em manutenção preditiva: conceitos e aplicabilidades em máquinas e equipamentos industriais” – Revista técnica

Fluke, (2015). “Guia de aplicações de termografia à manutenção industrial” web site - <https://www.fluke.com/> [Consultado a 15/11/2020]

Harifa, (2019) – Ramalan Harifa “Difference between Online UPS and Offline UPS.” Web site - <http://www.differencebetween.net/technology/difference-between-online-upsand-offline-ups/> [Consultado a 14/9/2020]

Infocrontol, (2020). “Detecção de desequilíbrios e sobrecargas com a termografia” web site - <https://www.infocontrol.pt/artigos-tecnicos/detecao-desequilibrios-sobrecargastermografia/> [Consultado a 22/11/2020]

Kaplan, (1999). “Practical Applications of Infrared Thermal Sensing and Imaging Equipmaent.” – Livro -ISBN 978-0-8194-6723-2, publicado pela SPIE

Kersul, (2014) – Guilherme Marques Kersul, “Uso da termografia para inspeções e manutenção predial- Estudo de caso.” Tese de Mestrado- Centro Universitário de Brasília

Korendo, Z., & Florkowski, M. (2001). “Thermography based diagnostics of power equipment.” Power Engineering Journal, 15(1), 33-42.

Martins, N. L. C. (2014). “Avaliação de desempenho em unidades de fornecimento ininterrupto” Tese de Mestrado, Universidade da Beira Interior, Outubro 2014.

McCarthy (2004) – Kevin McCarthy “Comparação de configurações de sistemas UPS.” – Web site www.apc.com [Consultado a 15/8/2020]

Oliveira, T. M. D. (2012). “Análise de Sistemas de Energia e Máquinas Elétricas com recurso a termografia.” Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Pita, F. J. (2016). Avaliação de sistemas de terras. Neutro à Terra, No. 17 (2016): Revista Técnico-Científica (Primeiro Semestre), Instituto Superior de Engenharia do Porto, ISSN: 1647 - 5496.

Rangel, L. A. F., de Lima, M. J., & Pinto, M. F. (2010). “Utilização da termografia na manutenção preditiva.” Bolsista de Valor: Revista de divulgação do Projeto Universidade Petrobrás/F. Fluminense, 1, 91-95.

Rasmussen, N. (2010). “Diferentes tipos de sistemas UPS.” Aplicação Técnica, APC by Schneider Electric (1).

Rocha (2016) – Joaquim Eloir Rocha “Qualidade da energia elétrica.”, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Departamento de Eletrotécnica

RTIEBT, (2006). “Regras Técnicas das Instalações Elétricas de Baixa Tensão.”, Portaria n.º 949-a/2006 de 11 de setembro

Santos, L. D. (2006). “Termografia infravermelha em subestações de alta tensão desabrigadas.” Master Dissertation. Itaubá Federal University.

SANTOS, L. D. (2012). “Classificação e Modelagem de Fatores de Influência sobre Inspeções Termográficas em Ambientes Desabrigados.” Tese de Mestrado- Universidade Federal de Itajubá

Séraudie, (1999). “LV surges and surge arresters; LV insulation co-ordination” Revista técnica

Silva, F. M (2018). “Inspeção termográfica para verificação de anomalias em instalações elétricas industriais.”

Solutions (2015). “*UPS e soluções de energia.*” Manual Técnico

Teixeira (2012) - Guilherme Gonçalves Dias Teixeira, “Confiabilidade metrológica em termografia aplicada em sistemas elétricos.” Tese de Mestrado Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Fevereiro 2012.

Anexo A

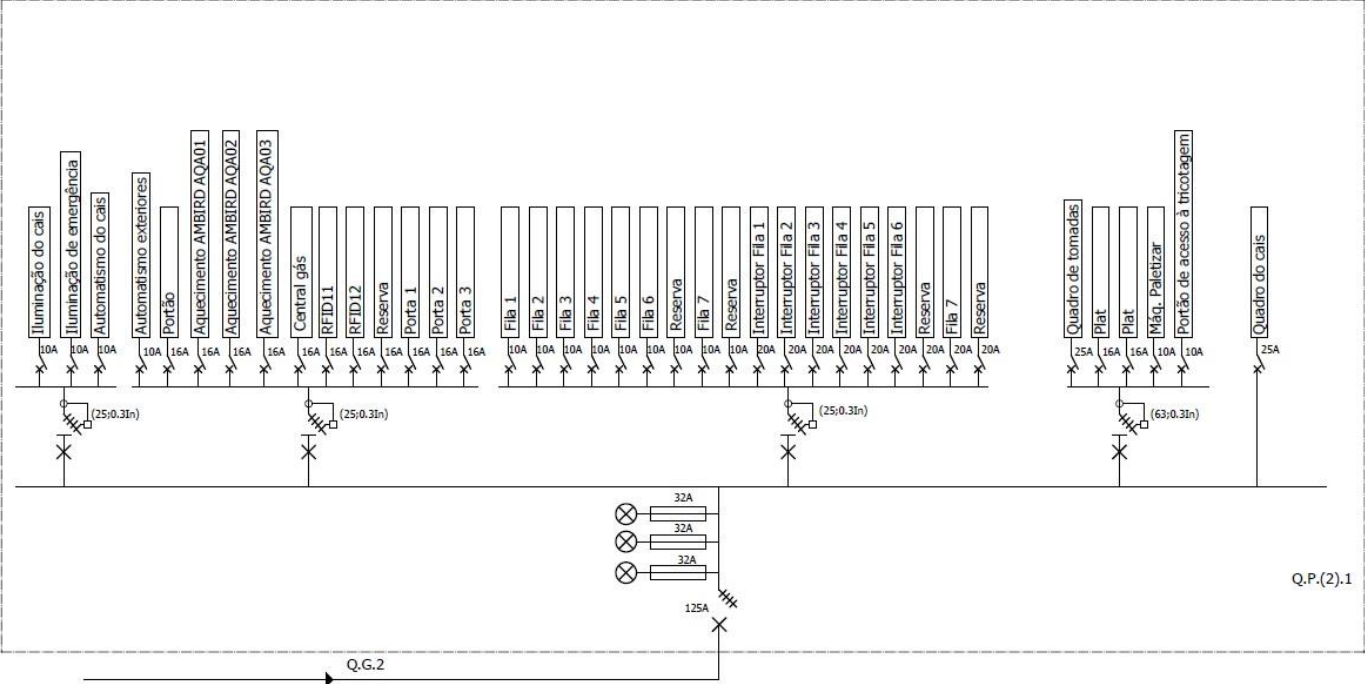


Figura A1- Exemplo do esquema elétrico
Q.P.(2).1

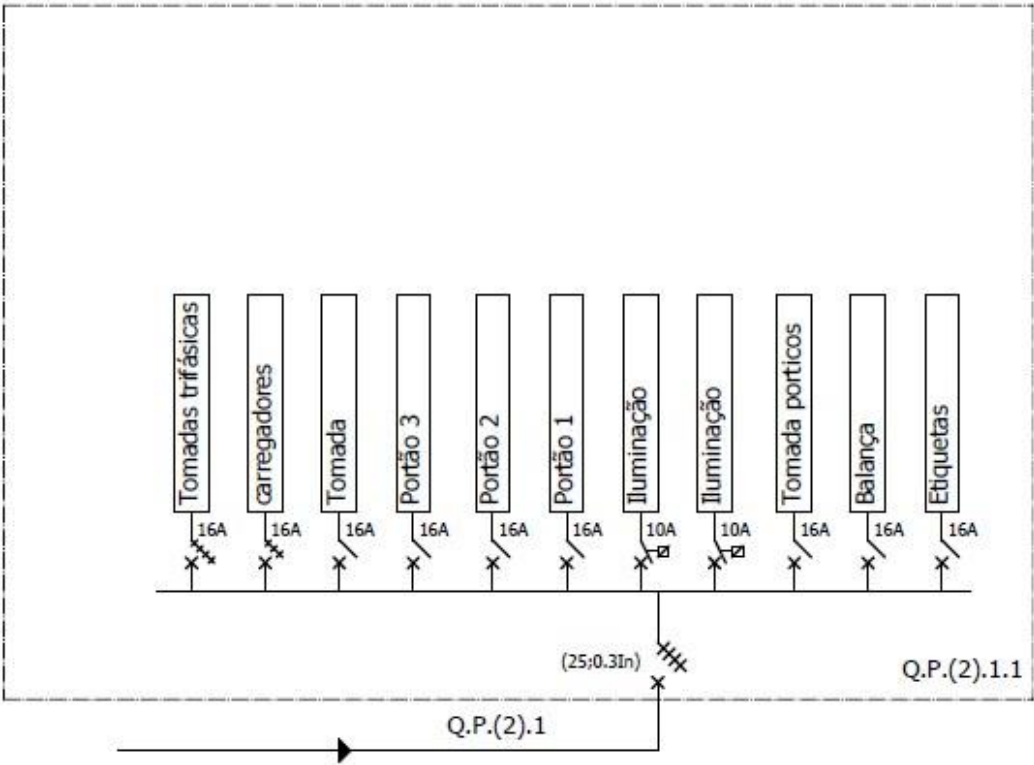


Figura A2- Exemplo do esquema elétrico
Q.P.(2).1.1

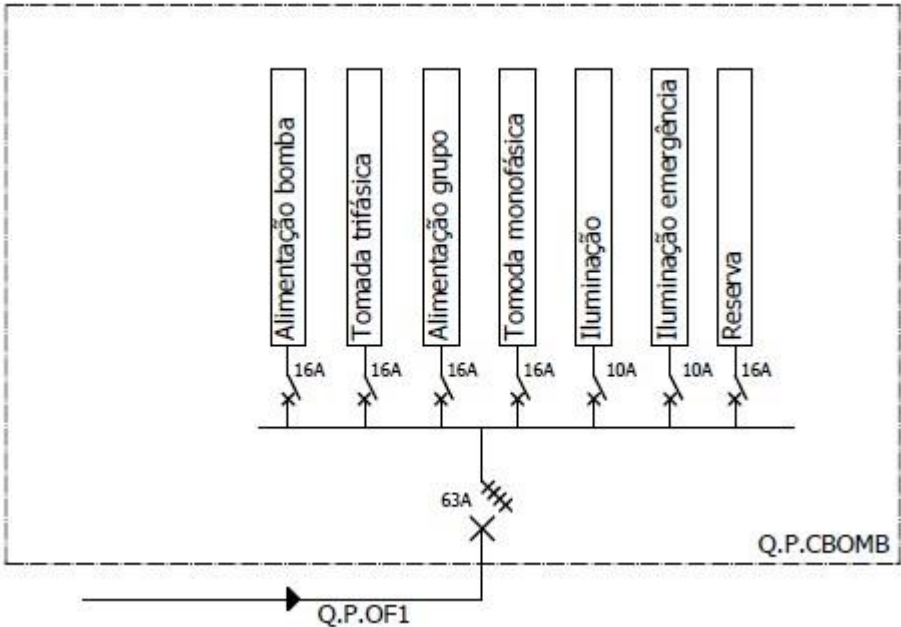


Figura A3- Exemplo do esquema elétrico
Q.P.CBOMB

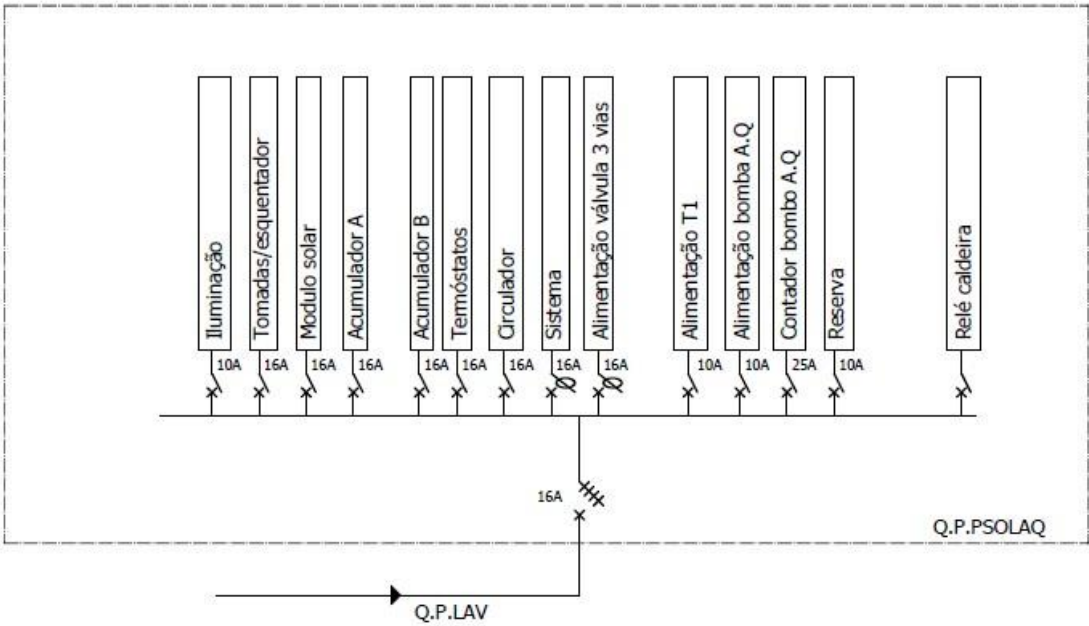


Figura AQ.P.PSOLAQ4- Exemplo do esquema elétrico

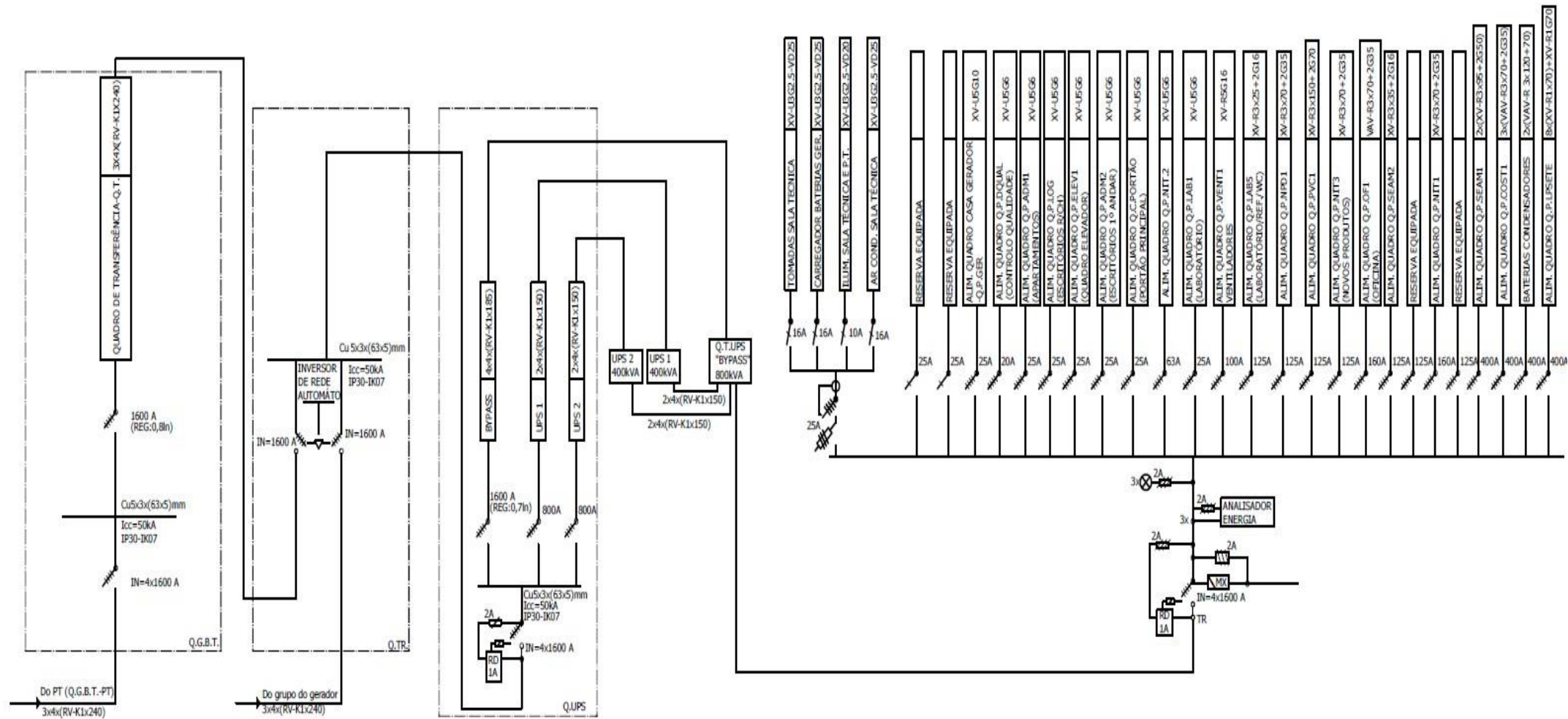


Figura A5- Exemplo do esquema elétrico do quadro geral da zona 1

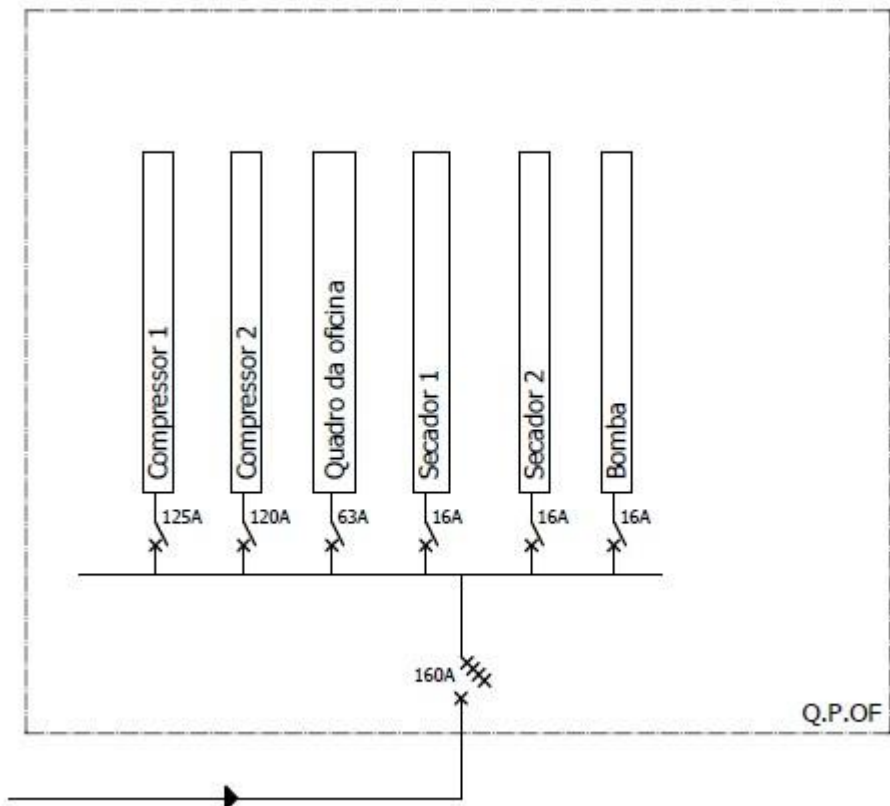


Figura A6- Exemplo do esquema elétrico
Q.P.OF

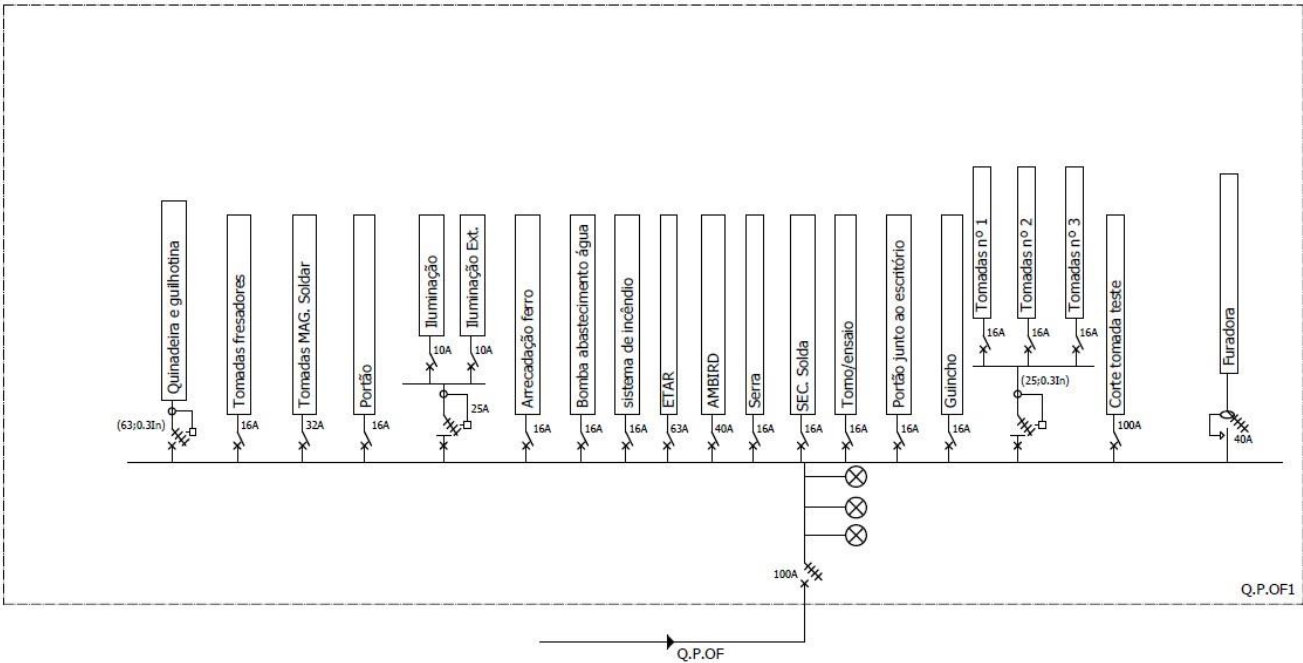


Figura A7- Exemplo do esquema elétrico
Q.P.OF1