

2014

Instituto Politécnico de Coimbra

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE COIMBRA

Análise do Risco de Incêndio de uma Unidade Industrial de Fabricação de Produtos Petrolíferos Refinados – Refinaria de Matosinhos

**MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL,
ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÃO URBANA**

AUTORA | Ana Telma da Silva Gaspar

ORIENTADOR | Prof. Doutor António José
Pedroso de Moura Correia

Coimbra, dezembro 2014

**Análise do Risco de Incêndio de uma Unidade
Industrial de Fabricação de Produtos Petrolíferos
Refinados – Refinaria de Matosinhos**

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre
em Engenharia Civil – Especialização em Construção Urbana

Autor

Ana Telma da Silva Gaspar

Orientador

Prof. Doutor António José Pedroso de Moura Correia

Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

Coimbra, Dezembro 2014

“É fazendo que se aprende a fazer aquilo que se deve aprender a fazer.”

Aristóteles

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Professor Doutor António José Pedroso de Moura Correia, Professor Adjunto no Departamento de Engenharia Civil do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, pela orientação desta tese, dedicação, compreensão, disponibilidade mostrada, bem como os conhecimentos transmitidos, sugestões, iniciativas, apoio e motivação constante ao longo de todo o trabalho.

Agradeço a disponibilidade manifestada pelos Engenheiros da Refinaria GALP, de Matosinhos, e a abertura para a realização do protocolo que permitiu a realização desta tese sobre a análise da Segurança contra Incêndios na Fábrica de Lubrificantes. Agradeço em especial ao Eng. Manuel Barreira, Eng. José Meireles Martins, Eng. José Vale e ao Eng. João Pedro Carvalho, a amabilidade com que nos receberam, bem como todos os elementos fornecidos e explicações prestadas aquando das visitas às instalações da Fábrica.

Quero agradecer de forma sentida aos colegas Eng^a Carina Simões e Eng^o. Tiago Mota, pela colaboração inextinguível que me prestaram, na aplicação dos métodos Gretener e FRAME, e também pelos ensinamentos sobre o programa Pyrosim, para a realização da modelação dos cenários de incêndios na fábrica.

A toda a minha família pelo apoio e força que sempre me transmitiram durante o período de elaboração da dissertação.

Ao João pela paciência e compreensão.

A todos, muito **Obrigada.**

RESUMO

Este estudo aborda a Segurança contra Incêndios com base no desempenho do edifício da Fábrica de Lubrificantes da Refinaria da Galp em Matosinhos, ou seja utilizando a Engenharia de Segurança contra Incêndios.

É avaliada a segurança do edifício em questão segundo métodos de análise de risco tradicionais como o método de Gretener e o FRAME.

Para a análise do edifício com base no desempenho, é utilizada a modelação de deflagração e propagação de incêndio no interior do edifício que constitui a Fábrica, utilizando o software FDS, com a aplicação Pyrosim, desenvolvida pelo NIST, nos Estados Unidos da América, que permite a obtenção de campos de temperaturas e evolução da propagação de fumos no volume de controlo definido.

O objetivo principal do estudo consiste na determinação dos aspetos negativos em termos de Segurança ao Incêndio, para permitir que no futuro possa ser melhorada a Segurança, cumprindo o objetivo comum a este tipo de empreendimentos, que deverá ser o objetivo de ZERO ACIDENTES.

Palavras-Chave:

Segurança, Incêndios, Modelação Numérica, Análise de Risco

ABSTRACT

This study addresses the Performance Based Fire Safety in the lubricant factory building refinery Galp in Matosinhos, i.e. using the Fire Safety Engineering Fire.

The safety of the building in question according to traditional risk analysis methods is assessed using Gretener method and the FRAME.

For the building performance based analysis, FDS software with Pyrosim application, developed by NIST in the United States of America, is used to model the spread of fire inside the building which is the factory of Lubricants, which allows obtaining temperature fields and evolution of smoke propagation in the defined control volume.

The main objective of the study is to determine the negative aspects in terms of the Fire Safety, to allow in the future the security to be improved by meeting the common goal in such type of developments, which should be the goal of ZERO ACCIDENTS.

Keywords:

Security, Fire, Numerical Modeling, Risk Analysis

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	v
RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
SIMBOLOGIA	xvii
ACRÓNIMOS	xxi
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Enquadramento	1
1.2. Objetivos e Metodologia	1
1.2.1. Objetivos	1
1.2.2. Metodologia	1
1.3. Estrutura da dissertação	1
2. MÉTODOS DE ANÁLISE DE RISCO DE INCÊNDIO	3
2.1. Introdução	3
2.2. Método de Gretener	3
2.2.1. Elaboração da tabela representativa do Método de Gretener	6
2.2.2. Aspectos fundamentais do Método de Gretener	23
2.3. Método de FRAME	23
2.3.1. Princípios base do método de FRAME	24
2.3.2. Definições e fórmulas	25
2.3.3. Em que situações se deve utilizar o método de FRAME?	28
2.4. Método de Edimburgo	30
2.5. Fire Safety Evaluation System	30
2.6. Fire Risk Index Method	30
2.8. Arson Risk Assessment Checklist	31
2.9. Árvore de falhas	31
3. APLICAÇÃO AO CASO DE ESTUDO	33
3.1. Enquadramento	33
3.1.1. Caracterização da instalação industrial	33
3.1.2. Caracterização do processo de produção	43
3.1.3. Identificação e caracterização do interior da fábrica de lubrificantes	44
3.2. Aplicação dos métodos de análise de risco aos casos de estudo	48
4. SIMULAÇÃO DE INCÊNDIO NA FÁBRICA DE LUBRIFICANTES	53
4.1. Modelação Computacional	53
4.1.1. Modelos de Zona	53
4.1.2. Modelos de Campo	54

4.2. Estudo da fábrica através dos Modelos de Desempenho	55
4.2.1. Introdução.....	55
4.2.2. Modelação computacional do edifício.....	56
4.2.3. Cenários de incêndio	58
5. ANÁLISE DO EDIFÍCIO SEGUNDO O REGULAMENTO DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO.....	81
5.1. Introdução.....	81
5.2. Caracterização do edifício.....	81
5.3. Verificação segundo o Regulamento de Segurança Contra Incêndio	85
5.4. Meios de intervenção.....	86
5.5. Condições gerais de autoproteção	86
5.6. Condições específicas da utilização-tipo XII.....	88
5.7. Propostas de melhoria ao edifício em estudo.....	92
6. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS.....	95
6.1. Conclusões.....	95
6.2. Trabalhos futuros.....	96
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	99

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 – Altura útil.....	10
Figura 2.2 – Relação entre o comprimento e a largura do compartimento de incêndio. ...	11
Figura 2.3 – Medidas normais.	12
Figura 2.4 – Medidas especiais.....	18
Figura 2.5 – Medidas inerentes à construção.....	20
Figura 2.6 – Categoria de exposição ao perigo das pessoas.	21
Figura 3.1 – Localização do complexo industrial da Refinaria de Matosinhos e da fábrica dos óleos base (Fonte: Google Earth).	33
Figura 3.2 – Vista geral do complexo industrial da refinaria de Matosinhos (Fonte: Galp Energia).....	34
Figura 3.3 – Destilação atmosférica.....	34
Figura 3.4 – Dessulfuração de nafta (Unifinning).	35
Figura 3.5 – Tratamento e recuperação de gases.	35
Figura 3.6 – Recuperação de Enxofre I e II.	36
Figura 3.7 – Vácuo/Visbreak.	36
Figura 3.8 – Dessulfuração de gasóleo I e II.	36
Figura 3.9 – Purificação de Hidrogénio.	37
Figura 3.10 – Tratamento de GPL e gasolina leve.....	37
Figura 3.11 – Platformings Semi-Regenerativo e de Regeneração Contínua (CCR).	38
Figura 3.12 – Vista geral da fábrica de óleos base (Fonte: Galp Energia).	38
Figura 3.13 – Desasfaltação pelo Propano.....	39
Figura 3.14 – Tratamento por Hidrogénio.	39
Figura 3.15 – Extração pelo Furfural.	39
Figura 3.16 – Hidrogenação de Parafinas.	40
Figura 3.17 – Desparafinação.	40
Figura 3.18 – Produção de betumes.....	40
Figura 3.19 – Pré-destilação.	41
Figura 3.20 – Isomar.....	41
Figura 3.21 – Arosolvan.	42
Figura 3.22 – Solventes.....	42
Figura 3.23 – Parex.	42
Figura 3.24 – Utilidades.....	43
Figura 3.25 – Esquema do processo de produção (Fonte: Galp Energia).....	43
Figura 3.26 – Zona de fabrico de óleos e massas lubrificantes.	44
Figura 3.27 – Zona de embalamento.....	45
Figura 3.28 – Zona de Armazenamento.....	46
Figura 3.29 – Zona de enchimento e armazenamento de petróleos.	46
Figura 4.1 – Modelo base do edifício.	56
Figura 4.2 – Identificação dos dispositivos.....	57

Figura 4.3 – Quadro da biblioteca do programa.	58
Figura 4.4 – Evolução do incêndio: (a) 10 segundos; (b) 50 segundos; (c) 80 segundos; (d) 100 segundos; (e) 150 segundos; (f) 300 segundos.	59
Figura 4.5 – Evolução do fumo: (a) 10 segundos; (b) 50 segundos; (c) 80 segundos; (d) 100 segundos; (e) 300 segundos.	60
Figura 4.6 – Variação da temperatura na zona de cobertura: (a) 10 segundos; (b) 50 segundos; (c) 80 segundos; (d) 100 segundos; (e) 150 segundos; (f) 300 segundos.	61
Figura 4.7 – Variação da temperatura no pilar 87 – Face 1.	62
Figura 4.8 – Variação da temperatura no pilar 87 – Face 4.	63
Figura 4.9 – Variação da temperatura no pilar 97 – Face 1.	64
Figura 4.10 – Variação da temperatura no pilar 99 - Face 1.	65
Figura 4.11 – Variação temperatura no pilar 99 - Face 2.	66
Figura 4.12 - Variação da temperatura na viga.	67
Figura 4.13 – Variação da temperatura na viga central.	68
Figura 4.14 – Diagramas da variação da temperatura.	69
Figura 4.15 – Evolução do incêndio no laboratório: (a) 10 segundos; (b) 100 segundos; (c) 150 segundos; (d) 200 segundos; (e) 250 segundos; (f) 300 segundos.	70
Figura 4.16 – Evolução do fumo no laboratório: (a) 10 segundos; (b) 100 segundos; (c) 150 segundos; (d) 200 segundos; (e) 250 segundos.	71
Figura 4.17 – Variação da temperatura na cobertura: (a) 20 segundos; (b) 100 segundos; (c) 200 segundos; (d) 300 segundos.	72
Figura 4.18 – Dispositivos no pilar 87 – Face 1.	73
Figura 4.19 – Dispositivos no pilar 87 – Face 4.	74
Figura 4.20 – Dispositivos no pilar 93 – Face 1.	75
Figura 4.21 – Dispositivos no pilar 99 – Face 1.	76
Figura 4.22 – Dispositivos no pilar 99 – Face 2.	77
Figura 4.23 – Dispositivos na face da viga.	78
Figura 4.24 – Dispositivos na face da viga central.	79
Figura 4.25 – Diagrama da variação de Temperatura.	80
Figura 5.1 – Empilhamento de produtos combustíveis.	89
Figura 5.2 – Empilhamento de produtos combustíveis.	89
Figura 5.3 – Zona de atmosfera explosiva.	90
Figura 5.4 - Zona de armazenamento com ventilação natural.	90
Figura 5.5 – Extintor móvel de 50 kg de pó químico.	91
Figura 5.6 – Armazenamento de produtos combustíveis.	91
Figura 5.7 – Sistemas de drenagem da zona de armazenamento de produtos.	92

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 – Carga de incêndio mobiliária, fator q.....	7
Tabela 2.2 – Tabela com valores da combustibilidade, c	7
Tabela 2.3 - Tabela com o perigo de fumo, fator r	8
Tabela 2.4 - Classificação dos materiais e mercadorias.	8
Tabela 2.5 - Carga de incêndio mobiliária, fator i.	9
Tabela 2.6 - Definição da altura útil do local, edifícios de um só piso.....	10
Tabela 2.7 – Relações existentes entre a categoria de ativação e o fator A.....	20
Tabela 3.1 – Aplicação do método de Gretener.....	48
Tabela 3.2 – Aplicação do método de FRAME.....	50
Tabela 4.1 – Modelos de Zona.....	54
Tabela 4.2 – Modelos de campo mais conhecidos.....	54
Tabela 5.1 – Cálculo da densidade de carga de incêndio modificada de cada compartimento corta-fogo.....	83
Tabela 5.2 – Cálculo da densidade de carga de incêndio modificada da totalidade de utilização-tipo.	84
Tabela 5.3 – Principais disposições constantes do Regulamento Técnico de SCIE.....	85
Tabela 5.4 – Condições gerais de autoproteção para a utilização-tipo XII.	87
Tabela 5.5 – Condições específicas do edifício.....	88

SIMBOLOGIA

- A – perigo de ativação
- B – fator de exposição ao perigo de incêndio
- E – Nível do andar, ou altura útil do local
- F – Produto de todas as medidas de proteção da construção
- G – Construção de grande superfície
- H – Número de pessoas
- M – Produto de todas as medidas de proteção
- N – Produto de todas as medidas normais
- P – Perigo potencial
- Q – carga de incêndio
- R – Risco de incêndio efetivo
- S – Produto de todas as medidas especiais
- V – Construção de grande volume
- Z – Construção em células
- AB – Superfície de um compartimento de incêndio
- AZ – Superfície de uma célula corta-fogo
- AF – Superfície vidrada
- Co – Indicação do perigo de corrosão
- Fe – Grau de combustibilidade
- Fu – Indicação do perigo de fumo
- Tx – Indicação do perigo de toxicidade
- b – Largura do compartimento de incêndio
- c – Fator de combustibilidade
- e – Fator do nível do andar ou da altura útil do local
- f – Fator individual de medida de proteção da construção (com índice)
- g – Fator de amplitude (forma) da superfície
- i – Fator da carga de incêndio imobiliária
- k – Fator de corrosão e de toxicidade
- l – Comprimento do compartimento de incêndio
- n – Fator individual de medida normal (com índice)
- p – Categoria de exposição ao perigo para as pessoas

q – Fator da carga de incêndio mobiliária
r – Fator de perigo de fumo
s – Fator individual de medida especial (com índice)
 γ – Segurança contra incêndio
 $p_{(H,E)}$ – Exposição ao perigo para as pessoas (tendo em conta o número de pessoas, a sua mobilidade e o andar onde se encontra o compartimento de incêndio)
R – Risco
P – Risco potencial
A – Risco aceitável
D – Nível de proteção
q – Fator de carga calorífica (carga térmica)
i – Fator de propagação
g – Fator de geometria horizontal
e – Fator dos andares
v – Fator de ventilação
z – Fator de acessibilidade
D – Nível de proteção
W – Fator dos recursos de água
N – Fator de proteção normal
S – Fator de proteção especial
F – Fator de resistência ao fogo
S – Risco
n – Número de parâmetros
 W_i – Peso que afeta o valor de cada parâmetro
 X_i – Valor atribuído a cada parâmetro
 Q_m – Carga de incêndio mobiliária (MJ/m^2)
 Q_i – Carga de incêndio imobiliária
 R_n – Risco de incêndio normal
 R_u – Risco de incêndio admissível
 q_{si} – densidade de carga de incêndio relativa ao tipo de atividade (i), em MJ/m^2
 S_i – área afeta à zona de armazenamento (i), em m^2
 C_i – coeficiente adimensional de combustibilidade do constituinte combustível de maior risco de combustibilidade presente na zona de atividade (i)

R_{ai} – coeficiente adimensional de ativação do constituinte combustível (i), em função do tipo de atividade da zona (i)

N_a – número de zonas de atividades distintas

S – área útil do compartimento, em m^2

q_{vi} – densidade de carga de incêndio por unidade de volume relativa à zona de armazenamento (i), em MJ/m^3

h_i – altura de armazenagem da zona de armazenamento (i), em m

N_{ar} – número de zonas de armazenamento distintas

q_{sk} – densidade de carga de incêndio modificada), em MJ/m^2 , de cada compartimento corta-fogo (k)

S_k – área útil de cada compartimento corta-fogo (k), em m^2

N – número de compartimentos corta-fogo

ACRÓNIMOS

CFD – Computational Fluid Dynamics

FDS – Fire Dynamics Simulator

FRAME – Fire Risk Assessment Method for Engineering

NIST – National Institute of Standards and Technology

SCIE – Segurança contra incêndios em edifícios

UT – Utilização-tipo

1. INTRODUÇÃO

1.1. Enquadramento

Nesta dissertação realizou-se uma análise de risco de incêndio na Fábrica de Lubrificantes do complexo industrial da refinaria da Petróleos de Portugal – Petrogal, S.A, localizada em Matosinhos, Concelho de Matosinhos, Distrito do Porto.

1.2. Objetivos e Metodologia

1.2.1. Objetivos

Nesta dissertação pretende-se efetuar a análise de risco de incêndio e explosão provenientes da eventual ocorrência de um incêndio, no complexo industrial da refinaria de Matosinhos, Petróleos de Portugal – Petrogal, S.A, mais especificamente na fábrica de óleos base. Para a elaboração da análise supracitada, realizou-se várias visitas ao complexo industrial de forma a identificar os riscos de incêndio resultantes da atividade.

Um dos objetivos foi compreender os processos de produção de uma das fábricas da refinaria, para isso tornou-se necessário a identificação e caracterização dos materiais presentes nessa instalação.

Outro dos objetivos deste trabalho foi a compreensão e aplicação de metodologias de avaliação de riscos de incêndio, identificando e caracterizando os riscos de incêndio em indústrias de refinaria.

1.2.2. Metodologia

Após revisão bibliográfica, realizou-se o estudo de alguns métodos de análise de risco de incêndio, selecionou-se um edifício e realizou-se o seu estudo. Analisaram-se os resultados obtidos com a aplicação dos diferentes métodos e elaborou-se o respetivo texto da dissertação.

1.3. Estrutura da dissertação

A dissertação será representada em cinco capítulos:

No Capítulo 1, faz-se a introdução do tema estudado na dissertação, são definidos os objetivos e a metodologia de trabalho.

No Capítulo 2, apresentam-se os métodos de análise de risco de incêndio que serão utilizados no caso de estudo.

No Capítulo 3, caracteriza-se o edifício/ instalação industrial do caso de estudo, identificando a atividade e os materiais presentes na instalação, para posterior aplicação dos métodos de análise de risco de incêndio.

No Capítulo 4, aplicam-se os métodos de análise de risco de incêndio e apresentam-se os resultados do estudo realizado.

No Capítulo 5, apresenta-se uma análise segundo o Regulamento de Segurança Contra Incêndio ao edifício em estudo.

Finalmente, no Capítulo 6 faz-se uma síntese de todo o trabalho desenvolvido, retiram-se as conclusões gerais e mencionam-se possíveis desenvolvimentos futuros do presente trabalho.

2. MÉTODOS DE ANÁLISE DE RISCO DE INCÊNDIO

2.1. Introdução

Os métodos de análise de risco de incêndio têm como objetivo calcularem o risco de incêndio de edifícios e/ou recintos condicionados pelas suas características estruturais, arquitetônicas e carga de incêndio. Estes métodos estimam as consequências decorrentes dos vários cenários de incêndio, independentemente da utilização-tipo da instalação.

A análise de risco de incêndios em unidades industriais representa elevada importância na proteção de pessoas e edifícios. A segurança contra incêndios em edifícios industriais é uma atividade complexa face à multiplicidade de ocupações e perigos diversificados.

Conhecendo o nível de risco de incêndio da instalação e aplicadas as medidas de segurança adequadas, estas são consideradas suficientes quando o risco de incêndio presente não ultrapasse aquele que se considera como sendo admissível.

Face à lacuna existente na legislação Portuguesa, a qual não prevê um método específico para a análise de risco de incêndio em unidades industriais serão apresentados nesta dissertação alguns métodos desenvolvidos por especialistas na área de Segurança Contra Incêndios em Edifícios.

2.2. Método de Gretener

O Método de Gretener tem por finalidade a avaliação do risco de incêndio. Foi desenvolvido, por encomenda da Associação Suíça de Seguradoras, pelo Engenheiro Max Gretener com a finalidade de obter um processo analítico para quantificação do risco de incêndio de edifícios através de critérios uniformes e de harmonizar o processo de cálculo da tarifa de seguro de incêndio (Macedo, 2008).

O Método de Gretener é um método semiquantitativo de análise do risco de incêndio que permite verificar, pela ponderação de diversos fatores, se um determinado edifício ou compartimento de incêndio tem, ou não, um nível de segurança contra incêndio aceitável (Macedo, 2008).

Neste método o risco de incêndio efetivo (R) é o resultado do valor do fator de exposição ao perigo de incêndio (B), multiplicado pelo fator de perigo de ativação (A), que quantifica a probabilidade de ocorrência, conforme apresentado na expressão (2.1):

$$R = B \times A \quad (2.1)$$

O fator de exposição ao perigo de incêndio (B), é definido como o produto de todos os fatores de perigo (P), dividido pelo produto de todos os fatores de proteção (M), conforme apresentado na expressão (2.2):

$$B = \frac{P}{M} \quad (2.2)$$

Os fatores de perigo (P) dividem-se em dois tipos, fatores de perigo relativos ao conteúdo do edifício e fatores de perigo relativos à construção do edifício. No caso dos perigos inerentes ao conteúdo do edifício consideram-se os fatores diretos do desenvolvimento do incêndio, carga de incêndio e combustibilidade. Os outros fatores permitem avaliar as consequências que afetam as pessoas no que diz respeito à intervenção dos bombeiros tendo como principal consequência bens materiais, substâncias com elevada produção de fumos e perigo de corrosão.

O método tem em consideração os fatores que resultam das características da construção do edifício e da sua tipologia. Um dos fatores é a parte combustível dos elementos de construção (estrutura, pavimento, fachada e cobertura), outro é a amplitude do compartimento (forma e área), no caso de um edifício de um único andar, o nível do andar ou a altura útil do local.

As medidas de proteção (M), por sua vez subdividem-se em três categorias, medidas normais (N), medidas especiais (S) e medidas de proteção inerentes à construção (F).

Nas medidas normais (N) incluem-se os extintores portáteis (n_1), bocas-de-incêndio armadas (n_2), fiabilidade do abastecimento de água para extinção (n_3), distância ao hidrante exterior (n_4) e instrução do pessoal na extinção de incêndios (n_5). O fator global (N) resulta do produto dos fatores n_i , conforme apresentado na expressão (2.3):

$$N = n_1 \times n_2 \times n_3 \times n_4 \times n_5 \quad (2.3)$$

Nas medidas especiais (S) estão incluídas a deteção do fogo (s_1), transmissão do alarme (s_2), capacidade de intervenção exterior e interior do estabelecimento (s_3), tempo de intervenção dos socorros exteriores (s_4), instalações de extinção (s_5) e instalações de evacuação de calor e de fumos (s_6). O fator global (S) resulta do produto dos fatores s_i , conforme apresentado na expressão (2.4):

$$S = s_1 \times s_2 \times s_3 \times s_4 \times s_5 \times s_6 \quad (2.4)$$

Nas medidas de proteção inerentes à construção (F) encontram-se a resistência ao fogo da estrutura resistente do edifício (f_1), a resistência ao fogo das fachadas (f_2), a resistência ao fogo das separações entre andares, tendo em consideração as comunicações verticais (f_3) e as dimensões das células corta-fogo, tendo em consideração as superfícies vidradas

utilizadas como dispositivos de evacuação do calor e do fumo (f_4). O fator global (F) resulta do produto dos fatores f_i , conforme apresentado na expressão (2.5):

$$F = f_1 \times f_2 \times f_3 \times f_4 \quad (2.5)$$

As medidas de proteção (M) é o resultado do produto de todas as medidas de proteção, conforme apresentado na expressão (2.6):

$$M = N \times S \times F \quad (2.6)$$

Logo, o risco de incêndio efetivo (R) é o resultado do valor do fator de exposição ao perigo de incêndio (B), multiplicado pelo fator de perigo de ativação (A), sendo o fator de exposição ao perigo resultado do produto de todos os fatores de perigo (P), dividido pelo produto de todos os fatores de proteção (M), conforme a expressão (2.7):

$$R = \frac{P}{N \times S \times F} \times A \quad (2.7)$$

O perigo de ativação (A) quantifica a probabilidade de ocorrência de um incêndio e é definido pela avaliação de fontes de ignição, cuja energia calorífica é suscetível de desencadear, assim como pela inflamabilidade característica dos materiais presentes em cada tipo de ocupação considerado. Depende de dois tipos de fatores, fatores ligados ao tipo de atividade, os quais podem ser de natureza térmica, elétrica, mecânica e química e/ou fatores humanos, tais como, desordem, manutenção incorreta, indisciplina ligada à utilização de chamas vivas e fumadores.

Para cada construção é considerado um certo risco de incêndio admissível (R_u). O risco de incêndio admissível deve ser definido mediante cada caso, não sendo utilizado o mesmo valor para todos os tipos de edifícios, conforme a expressão (2.8):

$$R_u = R_n \times P_{H,E} \quad (2.8)$$

Segundo o Método de Gretener, deve ser fixado o valor limite admissível partindo de um risco incêndio normal (R_n) com o valor de 1,3 corrigido por um fator ($P_{H,E}$) que tem em conta o maior ou menor perigo para as pessoas, conforme a expressão (2.9):

$$R_u = 1,3 \times P_{H,E} \quad (2.9)$$

O fator de correção do risco normal de incêndio ($P_{H,E}$) será obtido em função do número de pessoas e do nível de andar. Este fator corrige o valor do risco de incêndio normal em função da existência de fatores que possam dificultar a evacuação dos ocupantes.

Será assumido um valor inferior a 1,0 para fator de correção do risco normal de incêndio ($p_{H,E}$), quando o número de pessoas é elevado ou o edifício é muito alto, ou ainda, quando as pessoas presentes tenham dificuldades em abandonar o local pelos seus próprios meios, sendo o fator de perigo para as pessoas é elevado.

Em circunstâncias onde não se verifiquem condições agravantes na evacuação dos ocupantes o fator de correção do risco normal de incêndio (PH,E) assume o valor de 1,0, sendo o fator de risco para as pessoas normal.

Quando não se verificam quaisquer tipos de dificuldades para a evacuação dos ocupantes o fator de correção do risco normal de incêndio (PH,E) assume o valor superior a 1,0, sendo o fator de risco para as pessoas reduzido.

A segurança contra incêndio (γ) é suficiente quando o risco de incêndio admissível (R_u) é superior ao risco de incêndio efetivo (R), conforme a expressão (2.10):

$$\gamma = \frac{R_u}{R} \quad (2.10)$$

Sendo 1,3 o valor fixado para o risco incêndio normal (R_n), a segurança contra incêndio (γ) poderá ser apresentada conforme a expressão (2.11):

$$\gamma = \frac{1,3 \times P_{H,E}}{R} \quad (2.11)$$

Conforme referido anteriormente, se o risco de incêndio admissível (R_u) for superior ao risco de incêndio efetivo (R) significa que a segurança contra incêndios é suficiente, logo $\gamma > 1,0$. Caso contrário, se risco de incêndio admissível (R_u) for inferior ao risco de incêndio efetivo (R) significa que a segurança contra incêndios é insuficiente, teremos $\gamma < 1,0$, neste caso, é necessário reformular conceitos de proteção, adaptados à carga de incêndio, para tal deverão ser melhoradas as medidas de proteção normais, especiais e as inerentes à construção.

Relativamente ao perigo de propagação de incêndio, distinguem-se três tipos de edifícios: tipo Z – construção em células, tipo G – construção de grande superfície e tipo V – construção de grande volume.

2.2.1. Elaboração da tabela representativa do Método de Gretener

Na elaboração da tabela representativa deste método percorreram-se vários passos de análise inicialmente avaliou-se o tipo de construção do edifício, fábrica de óleos base da Refinaria de Matosinhos, onde se conclui tratar-se de uma construção de grande superfície, pelas dimensões que apresenta, permitindo e facilitando a propagação horizontal ao fogo. O compartimento de incêndio estende-se a uma grande superfície.

Foram também avaliadas as definições geométricas do caso de estudo, assumindo-se um retângulo perfeito, de cento e trinta e cinco metros de largura por cento e setenta metros de comprimento.

De acordo com a tabela 2.1, retira-se o valor da carga de incêndio mobiliária Q_m , q , para o uso de óleos comestíveis, que é a quantidade total de calor libertável por combustão de todos os materiais combustíveis, referida à área de incêndio AB, A 135 metros que corresponde à largura do edifício em estudo e B 170 metros corresponde ao comprimento. Ela exprime-se em MJ por m^2 de superfície do compartimento de incêndio.

O valor de q é obtido através do valor de Q_m , de acordo com a tabela seguinte:

Tabela 2.1 – Carga de incêndio mobiliária, fator q

Carga de incêndio mobiliária, fator q					
$Q_m \left(\frac{MJ}{m^2} \right)$	q	$Q_m \left(\frac{MJ}{m^2} \right)$	q	$Q_m \left(\frac{MJ}{m^2} \right)$	q
Até 50	0,6	401 - 600	1,3	5001 - 7000	2,0
51 - 75	0,7	601 - 800	1,4	7001 - 10000	2,1
76 - 100	0,8	801 - 1200	1,5	10001 - 14000	2,2
101 - 150	0,9	1201 - 1700	1,6	14001 - 20000	2,3
151 - 200	1,0	1701 - 2500	1,7	20001 - 28000	2,4
201 - 300	1,1	2501 - 3500	1,8	mais de 28000	2,5
301 - 400	1,2	3501 - 5000	1,9	-	-

(Adaptada de Lemos et al, 1987)

A combustibilidade, fator c

Pode então retirar-se o valor de q , da tabela anterior entrando com o valor de Q_m de 1000, já anteriormente determinado, recolhe-se q de 1,5.

Seguidamente apresenta-se uma tabela com todos os materiais sólidos, líquidos e gasosos são catalogados em seis classes, distinguindo-se com diferentes graus de 1 a 6 (tabela 2.2). De todos os materiais presentes que contribuam para a carga de incêndio Q_m com pelo menos 10%, tornar-se-á aquele que tenha o maior valor de c .

De acordo com o caso em estudo determina-se c de 1,6 pelo tipo de combustibilidade do presente estudo.

Tabela 2.2 – Tabela com valores da combustibilidade, c

Combustibilidade	Graus de combustibilidade	c
Altamente inflamável	1	1,6
Facilmente inflamável	2	1,4
Inflamável, facilmente combustível	3	1,2
Normalmente combustível	4	1,0
Difícilmente combustível	5	1,0
Incombustível	6	1,0

(Adaptada de Lemos et al, 1987)

O perigo de fumo, fator r

De todos os componentes presentes que contribuem para a carga de incêndio Q_m com pelo menos 10%, tornar-se-á aquele que tenha o maior valor de r (tabela 2.3).

Tabela 2.3 - Tabela com o perigo de fumo, fator r

Classificação dos materiais e mercadorias	Grau de fumo (ensaio)	Perigo devido ao fumo	r
F_u	3	Normal	1,0
	2	Médio	1,1
	1	Grande	1,2

(Adaptada de Lemos et al, 1987)

Com os dados do problema, dos quais se conclui um grau de fumo de 1, logo derivada em elevado o perigo com o qual se verifica um valor de r de 1,20.

O perigo de corrosão/toxicidade, fator k

De todos os materiais presentes no edifício que contribuam para a carga de incêndio Q_m com pelo menos 10%, tomar-se-á aquele que tenha o maior valor de k (tabela 2.4).

No entanto, se houver materiais com um grande perigo de corrosão ou de toxicidade e a sua participação for igual a $Q_m < 10\%$, deve fixar-se $k=1.1$, no caso isso não se verifica, visualizando a tabela 2.4 retira utiliza-se $k=1,2$.

Tabela 2.4 - Classificação dos materiais e mercadorias.

Classificação dos materiais e mercadorias	Grau de perigo	k
C_o	Normal	1,0
	Médio	1,1
	Grande	1,2

(Adaptada de Lemos et al, 1987)

A carga de incêndio imobiliária, fator i

O fator i depende da combustibilidade da estrutura resistente e dos elementos de fachada não resistentes, bem como das camadas de isolamento combustíveis colocadas nos tetos das naves de um só piso. Para o caso da fábrica de óleos base da Refinaria de Matosinhos, como uma estrutura resistente em betão, tijolo, aço e outros materiais incombustíveis, entrando com essa informação na primeira coluna da tabela 2.5, e com a informação ao nível dos elementos das fachadas e coberturas (Betão, tijolo, metal – incombustíveis) na primeira linha retira-se um valor de $i=1,0$.

Tabela 2.5 - Carga de incêndio mobiliária, fator i.

Elementos das fachadas/coberturas → Estrutura resistente ↓	Betão Tijolo Metal	Componentes de fachadas multi-camadas com camadas exteriores incombustíveis*	Madeira Matérias sintéticas
	Incombustível	Combustível/protegida	Combustível
Betão, tijolo, aço, outros metais, incombustível	1,00	1,05	1,10
Construção em madeira: - F 30 b - madeira/revestimento F30 - maciça combustível	1,10	1,15	1,20
Construção em madeira: as dimensões não cumprem os regulamentos	1,20	1,25	1,30

(Adaptada de Lemos et al, 1987)

*É autorizada parte da camada exterior combustível se não for possível a propagação vertical do incêndio.

Nível do andar, ou altura útil do local, fator e

No caso de edifícios de vários andares de pé direito normal, é o número de andares que determina o fator e, ao passo que para edifícios, como o do caso de estudo, com pé direito de cinco metros e quarenta, ou seja, superior a três metros é a cota do pavimento do andar analisado que é determinante (face superior do pavimento), de acordo com a figura 2.1.

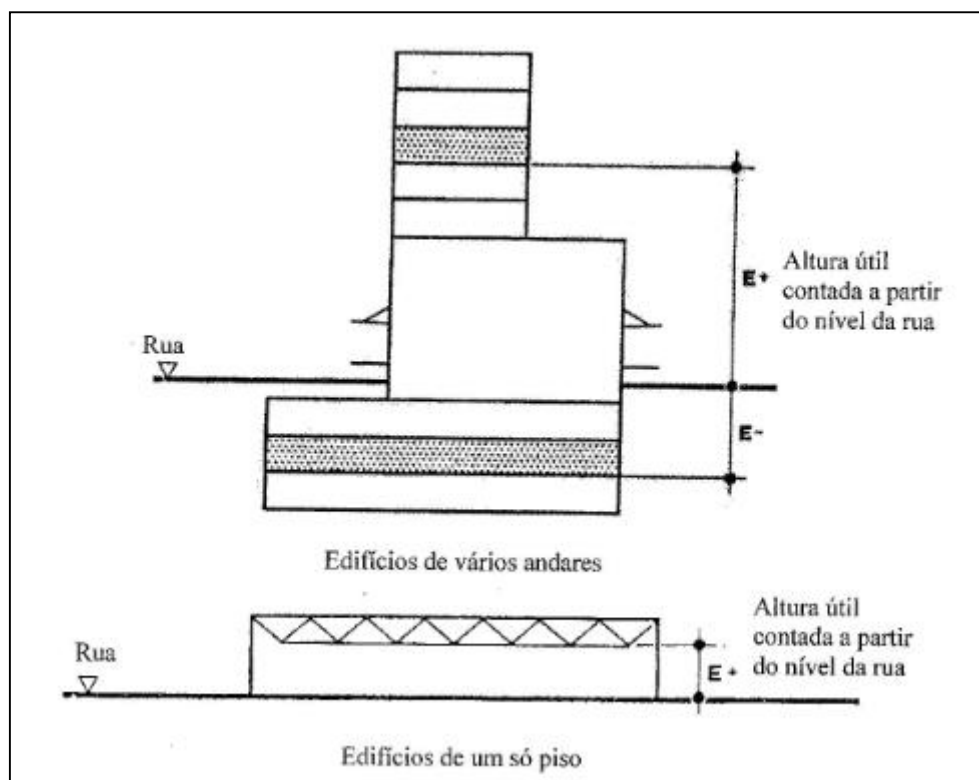


Figura 2.1 – Altura útil.

Com o auxílio da tabela 3.6 retira-se o valor de e igual a 1.00, entrando com o pé direito e com o valor de Q_m .

Tabela 2.6 - Definição da altura útil do local, edifícios de um só piso.

Edifícios de um só piso			
Altura do local E^{**}	e		
	Q_m Pequena*	Q_m Média*	Q_m Grande*
Mais do que 10m	1,00	1,25	1,50
Até 10m	1,00	1,15	1,30
Até 7m	1,00	1,00	1,00

(Adaptada de Lemos et al, 1987)

Com o auxílio da tabela 2.6 retira-se o valor de e igual a 1.00, entrando com o pé direito e com o valor de Q_m .

Para o caso tem-se e igual a um, pois o pé direito como referido de cinco metros e quarenta, seguindo-se de uma Q_m média, pois:

$$Q_m \leq 1000 \frac{MJ}{m^2} \quad (2.12)$$

Amplidão da superfície, fator g

Os valores de g estão representados na tabela da figura 2.2, em função da superfície do compartimento de incêndio $AB=l.b$, bem como da relação compartimento/largura do compartimento l/b (os dois parâmetros AB e l/b estão representados na tabela 2.2 de cálculo e servem para determinar g).

No caso do edifício de estudo do tipo V deve tomar-se o andar com a maior superfície.

Superfície do compartimento de incêndio, AB em m ²	Relação entre o comprimento e a largura do compartimento de incêndio								Factor de amplidão da superfície
	8:1	7:1	6:1	5:1	4:1	3:1	2:1	1:1	g
800	770	730	680	630	580	500	400	0,4	
1 200	1 150	1 090	1 030	950	870	760	600	0,5	
1 600	1 530	1 450	1 370	1 270	1 150	1 000	800	0,6	
2 000	1 900	1 800	1 700	1 600	1 450	1 250	1 000	0,8	
2 400	2 300	2 200	2 050	1 900	1 750	1 500	1 200	1,0	
4 000	3 800	3 600	3 400	3 200	2 900	2 500	2 000	1,2	
6 000	5 700	5 500	5 100	4 800	4 300	3 800	3 000	1,4	
8 000	7 700	7 300	6 800	6 300	5 800	5 000	4 000	1,6	
10 000	9 600	9 100	8 500	7 900	7 200	6 300	5 000	1,8	
12 000	11 500	10 900	10 300	9 500	8 700	7 600	6 000	2,0	
14 000	13 400	12 700	12 000	11 100	10 100	8 800	7 000	2,2	
16 000	15 300	14 500	13 700	12 700	11 500	10 100	8 000	2,4	
18 000	17 200	16 400	15 400	14 300	13 000	11 300	9 000	2,6	
20 000	19 100	18 200	17 100	15 900	14 400	12 600	10 000	2,8	
22 000	21 000	20 000	18 800	17 500	15 900	13 900	11 000	3,0	
24 000	23 000	21 800	20 500	19 000	17 300	15 100	12 000	3,2	
26 000	24 900	23 600	22 200	20 600	18 700	16 400	13 000	3,4	
28 000	26 800	25 400	23 900	22 200	20 200	17 600	14 000	3,6	
32 000	30 600	29 100	27 400	25 400	23 100	20 200	16 000	3,8	
36 000	34 400	32 700	30 800	28 600	26 000	22 700	18 000	4,0	
40 000	38 300	36 300	33 300	31 700	28 800	25 200	20 000	4,2	
44 000	42 100	40 000	37 600	34 900	31 700	27 700	22 000	4,4	
52 000	49 800	47 200	44 500	41 300	37 500	32 800	26 000	4,6	
60 000	57 400	54 500	51 300	47 600	43 300	37 800	30 000	4,8	
68 000	65 000	62 800	58 100	54 000	49 000	42 800	34 000	5,0	

Figura 2.2 – Relação entre o comprimento e a largura do compartimento de incêndio.

Cálculo de N (medidas normais)

Os coeficientes correspondentes às medidas normais são os que constam na tabela 2.3.

Para obter o valor de N calcula-se o produto de $n_1.n_2.n_3.n_4.n_5$ e o resultado é representado por N.

Medidas normais		n
n ₁	10 Extintores portáteis	1,00
n ₂	11 suficientes	1,00
n ₂	12 insuficientes ou inexistentes	0,90
n ₃	20 Bocas de incêndio acessíveis	1,00
n ₃	21 suficientes	1,00
n ₃	22 insuficientes ou inexistentes	0,80
n ₃	30 Fiabilidade do sistema de abastecimento de água	
	Condições mínimas de débito	Reserva de água para incêndio**
	- grande risco - mais de 2800 l/minuto	mínimo 480 m ³
	- risco médio - mais de 1800 l/minuto	mínimo 240 m ³
	- pequeno risco - mais de 900 l/minuto	mínimo 120 m ³
		Pressão de saída no hidrante
		mínimo de 2 bar
		mínimo de 2 bar
		mínimo de 4 bar
n ₃	31 Reservatório elevado com reserva de água para incêndio ou bomba de nível frático, independente da rede elétrica, com reservatório	0,70 0,85 1,00
n ₃	32 Reservatório elevado de água para incêndio sem reserva, com bomba de nível frático, independente da rede elétrica	0,65 0,75 0,90
n ₃	33 Bomba de nível frático independente da rede elétrica, sem reservatório	0,60 0,70 0,85
n ₃	34 Bomba de nível frático dependente da rede elétrica, sem reservatório	0,50 0,60 0,70
n ₃	35 Águas naturais	0,50 0,55 0,60
n ₃	40 Comprimento da conduta de transporte	
n ₃	41 Comprimento da conduta < 70 m (Distância entre o hidrante e a entrada do edifício)	1,00
n ₃	42 Comprimento da conduta 70-100 m	0,95
n ₃	43 Comprimento da conduta > 100 m	0,90
n ₃	50 Pessoal instruído	
n ₃	51 Disponível e treinado	1,00
n ₃	52 Inexistente	0,80

Figura 2.3 – Medidas normais.

n₁ Extintores portáteis

Apenas devem ser tidos em consideração os extintores portáteis aprovados, dotados de sinal distintivo de homologação e reconhecidos pelas entidades competentes, designadamente os seguradores contra incêndios.

n₂ Hidrantes interiores/postos de incêndio

Devem ser equipados com um número suficiente de mangueiras para uma primeira intervenção feita por pessoal capacitado.

n₃ Fiabilidade do sistema de abastecimento de água

É necessário possuir condições mínimas de débito e de reserva de água (reserva incêndio) para responder a três graus progressivos de perigos, bem como à fiabilidade de alimentação e de pressão.

- Riscos grandes, médios e pequenos

A grandeza do risco depende do número de pessoas que podem ficar em perigo simultaneamente num edifício ou num compartimento e/ou da concentração de bens expostos.

São geralmente classificados de grandes riscos os edifícios antigos situados na zona antiga das cidades, grandes lojas, entrepostos, explorações industriais e artesanais particularmente

expostas ao risco de incêndio (pintura, trabalhos em madeira ou materiais sintéticos), hotéis e hospitais mal compartimentados lares para pessoas de idade.

São classificados como riscos médios os edifícios administrativos, blocos de casas de inquilinos situadas fora da zona antiga das cidades, empresas artesanais, edifícios agrícolas. São classificados como riscos pequenos as naves industriais de um só nível e pequena carga de incêndio, instalações desportivas pequenos edifícios de inquilinos e casa uni-familiares.

- Instalação de pressurização permanente, independente da rede de água

Desempenham a função estacionária de produção de pressão as bombas cuja alimentação elétrica é assegurada por dois circuitos completamente independentes ou cujo funcionamento se obtém por um motor elétrico e um motor de explosão. A comutação para o circuito secundário ou para o motor de explosão deve fazer-se automaticamente em caso de avaria do circuito primário.

***n*₄ Conduta de alimentação**

O comprimento da tubagem móvel a considerar é o necessário desde o limite do hidrante externo até ao mais próximo acesso ao edifício.

***n*₅ Pessoal instruído**

O pessoal treinado deve estar habituado a manipular os extintores portáteis e os postos de incêndio à disposição na instalação em causa. Deve igualmente possuir um breve resumo das suas obrigações em caso de incêndio. Estas pessoas devem pelo menos conhecer, nas instalações da sua empresa, os recursos de alarme, bem como as possibilidades de evacuação e de salvamento.

Cálculo de S (medidas especiais)

Para cada um dos grupos de medidas $s_1 \dots s_6$, tabela da figura, 2.4 é necessário escolher o coeficiente correspondente às medidas especiais previstas ou já tomadas.

Quando para cada um dos grupos não está prevista qualquer medida especial, é necessário introduzir para esse grupo o valor de $s_i = 1,0$.

O produto $s_1 \cdot s_2 \cdot s_3 \cdot s_4 \cdot s_5 = S$ é calculado e resultado introduzido como valor de S, no quadro.

Em seguida irá descrever-se cada parâmetro do produto anteriormente referido.

s1 Detecção do fogo

s11 – O serviço de vigilância é assegurado por guardas da empresa ou pertencentes a um serviço exterior de reconhecida competência. O serviço de guardas é regulamentado e as suas rondas são controladas por meio de relógio de ponto. Em cada noite devem efetuar se pelo menos duas rondas e nos dias em que não há trabalho deve haver pelo menos duas rondas de controle durante o dia.

O guarda deve ter a possibilidade de acionar o alarme num período de cem metros seja qual for o local em que se encontre, por exemplo por meio de telefone, de um emissor-recetor ou de um botão de alarme.

s12 – Uma instalação automática de deteção de incêndio deve denunciar qualquer fogo que se declare e transmitir o alerta automaticamente a um posto ocupado em regime permanente, após o que as equipas, alertadas sem demora, intervirão rapidamente desencadeando as operações de salvamento e luta contra o incêndio.

s13 – A instalação sprinkler é simultaneamente um "instalação de deteção de incêndio", que reage desde que é ultrapassada uma temperatura máxima.

s2 Transmissão do alerta

s21 – Postos de controle funcionando em permanência; são, por exemplo, o cubículo do porteiro de um pequeno hotel ou de um lar, ocupado durante a noite por uma só pessoa. Este vigilante está autorizado a descansar junto do aparelho telefónico de alerta. Além disso, deve ter consigo um caderno descrevendo as respetivas obrigações.

s22 - Um posto de alerta ocupado em permanência é um local (por exemplo, cubículo de porteiro ou de vigilância pertencente à empresa ou a um serviço especializado, sala de comando de centrais de energia), ocupado em permanência por pelo menos duas pessoas instruídas tendo por obrigação transmitir o alerta diretamente à rede telefónica pública ou a uma instalação especial de transmissão.

s23 – A transmissão automática do alerta por via telefónica efetua-se automaticamente a partir da central de deteção automática de incêndio ou de extinção por intermédio da rede pública respetiva ou por uma rede com a mesma fiabilidade, pertencente à empresa, até um

posto oficial de alerta-incêndio, ou ainda, a intervalos de tempo reduzidos, para pelo menos três estações telefônicas adequadas.

s24 – A transmissão automática do alerta por linha telefônica controlada em permanência efetua-se neste caso a partir da central conforme s23 por intermédio de uma linha PTT alugada ou sobreposta com linha telefônica normal até um posto de alerta oficial, de tal forma que o alerta não possa ser bloqueado por outras comunicações. As linhas devem ser permanentemente controladas quanto à sua fiabilidade (curto-circuitos e avarias).

s3 Bombeiros de empresa e oficiais

Bombeiros de empresa (BE)

- Por BE escalão 1 entende-se uma "brigada de incêndio" que possa ser alertada ao mesmo tempo durante as horas de trabalho, composta por um mínimo de 10 homens formados no serviço de incêndios, se possível pertencentes ao corpo local de bombeiros.
- Por BE escalão 2 entende-se um corpo de bombeiros de empresa com um mínimo de 20 homens, formados no serviço de incêndios e dispendo de um comando próprio, podendo ser alertados ao mesmo tempo e prontos para intervir durante as horas de trabalho.
- Por BE escalão 3 entende-se um corpo de bombeiros de empresa com um mínimo de 20 homens, formados no serviço de incêndios e dispendo de um comando próprio, alertáveis ao mesmo tempo e prontos a intervir durante e fora das horas de trabalho.,
- Por BE escalão 4 entende-se um corpo de bombeiros de empresa para quem as condições mencionadas no escalão três se verificam e que, além disso, estabelece nos dias em que não há trabalho um piquete de pelo menos quatro homens prontos a intervir.

Bombeiros oficiais

s31 – por corpo de bombeiros da categoria I designa-se um corpo oficial de Bombeiros que não possa ser classificado na categoria 2.

s32 – por corpo de bombeiros da categoria II é reconhecido um corpo oficial de bombeiros, em que 20 pessoas bem formadas no serviço de incêndios podem ser chamadas por alerta telefónico de grupos (3). Por outro lado, deve ser organizado um serviço de piquete nos dias em que não há trabalho (sábados, domingos, feriados). A equipa de intervenção deve ser motorizada.

s33 – por corpo de bombeiros da categoria 3 designa-se um corpo oficial de bombeiros que desempenha as funções enunciadas na categoria 2, mas que além disso dispõe de um camião autotanque.

s34 – por centro de socorros ou de reforço B ou por corpo de bombeiros da categoria 4 designa-se um corpo oficial de bombeiros que cumpre as condições estabelecidas pela FSSP(4) relativas aos centros de socorro e de reforço B. Pelo menos 20 homens instruídos no serviço de incêndios devem poder ser chamados por alerta telefónico de grupos. O equipamento mínimo de um tal corpo compreende um camião autotanque com pelo menos mil e duzentos litros de água. Fora dos dias de trabalho (domingos, sábados e feriados), devem permanecer no quartel de bombeiros 3 homens, prontos a partir num intervalo de tempo de cinco minutos.

s35 – por centro de socorros ou de reforço ou corpo de bombeiros de categoria 5 entende-se um corpo oficial de bombeiros que cumpre as condições estabelecidas pela FSSP relativas aos centros de socorro e de reforço A.

Nota: De s31 a s35 (bombeiros oficiais) o valor de s3 pode ser igual a 1,4.

s36 – por corpo de bombeiros de categoria 6 entende-se um centro de socorros ou reforço do tipo A com serviço permanente de piquete (piquete de policia) satisfazendo às diretivas estabelecidas pela FSSP para os centros de reforços e de socorro do tipo A e compreendendo, além disso, um serviço permanente de piquete de pelo menos quatro homens formados para o serviço de incêndios e proteção contra os gases.

Nota: s36 (bombeiros oficiais) o valor de s3 pode ser igual a 1,45.

s37 – por corpo de bombeiros de categoria 7 entende-se um corpo profissional cujas equipas, estacionadas em um ou vários quartéis situados na zona urbana protegida, podem ser alertadas em permanência e estão prontas para qualquer intervenção. A capacidade de intervenção é assegurada por pessoal de formação profissional equipada de acordo com os riscos existentes.

Nota: s37 (bombeiros oficiais) o valor de s3 pode ser igual a 1,60.

s4 Escalões de intervenção de Bombeiros oficiais

O tempo de intervenção (te) é contado entre o disparo do alarme e a chegada ao local do sinistro de um primeiro grupo suficientemente eficaz.

Em geral, é possível estimar o escalão de intervenção a partir da distância em linha reta entre o local de alerta (quartel dos Bombeiros) e o local do sinistro. Na presença de obstáculos, como por exemplo fortes declives, desvios, um tráfego intenso, passagens de nível com grande tráfego ferroviário, etc., o tempo de percurso será indicado pelas instâncias competentes ou os seguradores.

s5 Instalações de extinção

Referindo-se à tabela x, o valor da proteção, s13, refere-se exclusivamente à função de disparo do alarme; pelo contrário os valores s51 e s52 qualificam a ação de extinção. Os valores mencionados só são válidos para uma proteção total do edifício ou de um compartimento de incêndio isolado. Quando se trata de uma proteção parcial, o valor correspondente é reduzido em conformidade.

O valor da proteção de uma instalação sprinkler só pode ser aplicado em princípio com a condição de ela se encontrar conforme com as prescrições dos seguradores contra incêndio (certificado de homologação).

s6 Instalações automáticas de evacuação de calor e de fumo

As instalações automáticas de evacuação de calor e de fumo permitem reduzir o perigo devido a uma acumulação de calor sob o teto das naves de grande superfície. Deste modo, quando a carga de incêndio não é muito importante, é possível lutar contra o perigo de uma propagação de fumo e de calor. A eficácia de uma instalação deste tipo só pode ser garantida se os exaustores de fumo e de calor abrirem a tempo, na maior parte dos casos antes da chegada das equipas de intervenção, por meio de um dispositivo automático de disparo.

- Instalações mecânicas de evacuação do fumo e do calor

Uma medida eficaz aplicável aos edifícios de vários andares consiste em instalar um sistema de ventilação mecânica para a evacuação regular e eficaz de fumo e do calor, ou uma instalação de sobrepressão com dispositivos de evacuação do fumo.

As cortinas corta fumo (5) colocadas sobre os tetos aumentam a eficácia destas instalações.

Nos locais com forte carga de incêndio protegidos por sprinklers (entrepósitos), os evacuadores de teto ou as instalações mecânicas de evacuação do calor e do fumo não devem ser postos em funcionamento antes da entrada em funções dos sprinklers.

Medidas especiais							
Detecção	10	Detecção de fumo				1,00	
	11	Vigilância: 2 horas durante a noite e nos dias de inatividade rotunda de 2 em 2 horas todos os dias				1,10	
	12	Instalação de deteção automática (segundo prescrições)				1,45	
Transmissão de alerta	13	Instalação de sprinklers, manuais (segundo prescrições)				1,20	
	20	Transmissão de alerta ao posto de alerta de incêndio				1,05	
	21	Através de um posto ocupado em permanência (por exemplo, cubículo próximo ao telefone)				1,10	
	22	Transmissão de alerta automática a partir de uma central de deteção de sprinkler para um posto de alerta de incêndio por meio de uma linha telefónica sem controle em permanência				1,10	
Bombeiros oficiais (C.R.) e de empresa (B.E.)	23	Transmissão de alerta automática a partir de uma central de deteção de sprinkler para um posto de alerta de incêndio por linha telefónica controlada em permanência (linha dedicada ou TUS (*)				1,20	
	24	(*) Linha TUS é uma linha telefónica controlada continuamente. Se a linha ficar fora de uso, não tem alarme (ver medida nº17)					
	30	Bombeiros oficiais (C.R.) e de empresa (B.E.)	BE Escalão 1	BE Escalão 2	BE Escalão 3	BE Escalão 4	Análise de BE
	31	Corpo Bombeiros	1,20	1,30	1,40	1,50	1,60
Escalões de intervenção	32	CB + alerta simultâneo	1,30	1,40	1,50	1,60	1,15
	33	CB + alerta simultâneo + auto-timpe	1,40	1,50	1,60	1,70	1,20
	34	Centro de Rádio (CR)	1,45	1,55	1,65	1,75	1,35
	35	Centro de Rádio A* (CRA)	1,50	1,60	1,70	1,80	1,40
	36	CRA + página	1,55	1,65	1,75	1,85	1,45
	37	Bombeiros Profissionais	1,70	1,75	1,80	1,85	1,60
	40	Escalões de intervenção dos corpos locais de Bombeiros					
Instalação de sprinkler	38	Instalação Sprinkler					2,00
	41	E ₁ < 15 min	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	42	E ₂ < 30 min	1,00	0,90	0,85	1,00	0,80
	43	E ₃ > 30 min	0,95	0,77	0,90	0,95	0,60
EACF	44	Instalação automática de extinguidor a gás (protecção de local)					1,30
	45	Instalação automática de extinguidor a gás (protecção de local)					1,35
	46	Extincção automática de calor e fumaça (EACF) natural ou forçada					1,20

Figura 2.4 – Medidas especiais.

Cálculo da resistência ao fogo F (medidas inerentes à construção)

Os fatores $f_1...f_4$ para as medidas de proteção relativas à construção são mencionados na tabela 2.5. O produto destes fatores constitui a resistência ao fogo **F** do compartimento de incêndio, bem como zonas contíguas, desde que estas tenham uma influência sobre eles.

$$F=f_1.f_2.f_3.f_4.f_5 \tag{2.13}$$

f_1 Estrutura resistente

A resistência ao fogo da estrutura resistente do compartimento de incêndio considerado determina o coeficiente de proteção f_1 .

f_2 Fachadas

O fator f_2 quantifica a resistência ao fogo das fachadas do compartimento considerado. Os valores dos coeficientes de proteção da tabela 2.5 dependem da percentagem da superfície das janelas **AF** em relação ao conjunto da superfície da fachada, bem como da resistência ao fogo da fachada. Para avaliação desta resistência, ter-se-á ainda em conta o género de construção da fachada, bem como da resistência ao fogo da fachada compreendendo as juntas e os elementos de ligação, mas sem as janelas. As partes determinantes são as que apresentam menor resistência ao fogo.

***f3* Lajes**

O fator ***f3*** quantifica a separação entre os andares, tendo presentes os seguintes parâmetros:

- resistência ao fogo dos pavimentos
- género de passagens verticais e de aberturas nos pavimentos
- número de andares de obra considerada

- Resistência ao fogo dos pavimentos

São determinantes as partes do pavimento que apresentam menor resistência ao fogo.

- Ligações verticais e aberturas nos pavimentos

As ligações verticais e as aberturas nos pavimentos são separadas do resto do edifício por paredes F60 (por exemplo, caixas de escada enclausuradas cujos acessos são fechados por portas corta-fogo, ductos de ventilação equipados de septos corta-fogo nas passagens dos andares).

As ligações verticais e as aberturas nos pavimentos são consideradas como protegidas, quando, apesar de estarem normalmente abertas, possuem uma instalação de extinção automática (por exemplo, sprinklers instalados segundo as prescrições em vigor) ou se dispositivos automáticos do tipo K30 assegurem o seu fecho.

Todas as outras ligações verticais ou aberturas nos pavimentos são consideradas como passagens não protegidas se estiverem insuficientemente protegidas ou não isoladas.

***f4* Células corta-fogo**

São consideradas como células corta-fogo as divisões de andares cuja área em planta **AZ** não ultrapassa 200 m² e cujas divisórias apresentam uma resistência ao fogo de F30 cb ou mais. As suas portas de acesso devem ter uma resistência ao fogo T30.

A tabela seguinte (figura 2.5) apresenta os fatores ***f4*** das células corta-fogo em função das dimensões e da resistência ao fogo dos elementos de compartimentação e segundo a grandeza da relação entre as áreas das janelas e a área do compartimento **AF/AZ**.

Medidas inerentes à construção						
$F = f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_4$					f	
f_1	Estrutura resistente (portas resistentes: paredes, vigas, pilares)					
	≥F 60				1,30	
	F 30/F 30 cb				1,20	
	< F 30 cb				1,00	
f_2	Fachadas					
	Altura das janelas: 2/3 da altura do andar					
	≥F 60				1,15	
	F 30/F 30 cb				1,00	
	< F 30 cb				1,00	
f_3	Pavimentos**		Número de andares	Ligações verticais		
	(Elementos horizontais de separação horizontal entre níveis)			Z=0	V	V
	31	≥F 60	2	Nenhuma ou isoladas	Protegidas*	ou protegidas
			>2	1,20	1,10	1,00
			>2	1,20	1,15	1,00
	32	F 30	2			
			>2	1,15	1,05	1,00
	33	F 30 cb	2			
			>2	1,10	1,05	1,00
	34	<F 30 cb	2			
		>2	1,15	1,10	1,00	
		>2	1,05	1,00	1,00	
f_4	Superfície das células					
	Corta-fogo providos de divisórias: F 30, F 30 cb, portas corta-fogo T 30.					
	Relação de áreas: AF/AZ (em percentagem de área em planta da célula corta-fogo)					
	41	AZ < 50 m ²	F 30	≥10%	< 10%	<3%
			F 30 cb	1,40	1,30	1,20
	42	AZ < 100 m ²	F 30			
			F 30 cb	1,30	1,20	1,10
	43	AZ ≥ 200 m ²	F 30			
		F 30 cb	1,20	1,10	1,00	
		F 30 cb	1,10	1,00	1,00	

Nota: F 30 cb (resistência ao fogo de 30 minutos para estruturas de madeira)

* Alvenarias protegidas ou seu contorno por uma instalação sprinkler reforçada ou por uma instalação de ablação ou por cortinas para-fumaça.

** Não é válido para toldados.

Figura 2.5 – Medidas inerentes à construção.

Fator de exposição ao perigo B

A razão entre o “perigo potencial” e as “medidas de proteção” define o fator de exposição ao perigo B, ver equação (2.14).

$$B = \frac{P}{N \cdot S \cdot F} \tag{2.14}$$

Perigo de ativação (fator A)

O fator A é uma medida do perigo de ativação tendo em vista a probabilidade de ocorrência de um incêndio.

A tabela 2.7 indica as relações existentes entre a categoria de ativação e o fator A.

Tabela 2.7 – Relações existentes entre a categoria de ativação e o fator A.

Fator A	Perigo de ativação	Exemplos
0,85	Fraco	Museus
1,00	Normal	Apartamentos, hotéis, fabricação de papel
1,20	Médio	Fabricação de máquinas e aparelhos
1,45	Elevado	Laboratórios químicos, oficinas de pintura
1,80	Muito elevado	Fabricação de fogos-de-artifício, fabricação de vernizes e pinturas

(Adaptada de Lemos et al, 1987)

Deve ter-se em consideração que se torna preponderante o uso ou os materiais armazenados apresentando o maior perigo de ativação (valor A mais elevado).

Risco efetivo de incêndio R

O produto dos fatores de exposição ao perigo de ativação dá o risco efetivo de incêndio, equação (2.15).

$$B = B.A \quad (2.15)$$

PROVA DE UMA SEGURANÇA SUFICIENTE CONTRA INCÊNDIO

Fatores de correção P_{HE}

- Exposição ao perigo acrescido das pessoas

Segundo o número de ocupantes de um edifício de vários andares e a sua mobilidade, o fator de risco de incêndio normal R_n deve ser multiplicado pelo fator de correção P_{HE} , equação (2.16).

$$R_u = R_n \cdot P_{HE} \quad (2.16)$$

A figura 2.6 dá o fator de correção P_{HE} em função da categoria da exposição ao perigo das pessoas p , do nível do andar E e do número de pessoas H do compartimento de incêndio considerado.

		Categoria de exposição ao perigo das pessoas p												Valores P_{HE}
		1				2				3				
		Situação do compartimento				Situação do compartimento				Situação do compartimento				
Número admissível de pessoas no compartimento de incêndio considerado	r/c	2º ao 4º andar	5º ao 7º andar	8º andar e +	r/c	2º ao 4º andar	5º ao 7º andar	8º andar e +	r/c	2º ao 4º andar	5º ao 7º andar	8º andar e +		
	>1000	≤30			>1000	≤30			>1000				1,00	
	≤300				≤300	≤100							0,95	
	≤1000	≤30			≤1000	≤30			≤300				0,90	
	>1000	≤100			≤1000	≤30			≤1000	≤30			0,85	
		≤300			>1000	≤100			≤300				0,80	
		≤1000	≤30			≤300			≤1000	≤30			0,75	
		>1000	≤300			≤1000	≤30		≤1000	≤30			0,70	
			≤300			≤3000	≤30		>1000	≤100			0,65	
			≤1000			>1000	≤100			≤300			0,60	
			>1000				≤300			≤1000	≤30		0,55	
							≤1000			>1000	≤100		0,50	
										≤300		0,45		
										≤1000		0,43		
										>1000		0,40		

Nota: 1º caso = 2º andar
2º caso = 3º andar

Figura 2.6 – Categoria de exposição ao perigo das pessoas.

- Categorias de exposição ao perigo das pessoas p

Para as construções que recebem público, as categorias de exposição ao perigo das pessoas são definidas do seguinte modo:

$p = 1$ Exposições, museus, locais de divertimento, salas de reunião, escolas, restaurantes, grandes lojas

$p = 2$ Hotéis, pensões, lares infantis, albergues de juventude

$p = 3$ Hospitais, lares para pessoas idosas, estabelecimentos diversos

O fator de correção para os edifícios com utilizações não mencionadas é $P_{HE}=1,0$.

Para todos os outros usos, consultar Anexo 1. Para os usos sem indicação da categoria de exposição ao perigo das pessoas, o fator de correção é $P_{HE} = 1,0$.

- Exposição ao perigo normal das pessoas

Em certos casos especiais, o valor de P_{HE} poderá ser fixado com um valor superior a 1, com o acordo das instâncias da polícia do fogo, organismo dependente da Associação Imobiliária respetiva, que estabelece para cada projeto as exigências de proteção ao fogo adequadas. Isto pode admitir-se com a condição de as medidas de proteção correspondentes ao risco garantirem uma exposição ao perigo das pessoas reduzida. O aumento do fator de correção para valores $P_{HE} > 1,0$ não autoriza em qualquer caso que deixem de ser respeitadas as medidas de proteção exigidas pelo risco.

Risco de incêndio admissível R_u

É calculado multiplicando o risco de incêndio normal pelo fator de risco.

$$R_u = 1,3 \cdot P_{HE} \quad (2.17)$$

Prova de uma segurança suficiente contra incêndio

O quociente γ da segurança contra incêndio é suficiente se as medidas de segurança escolhidas cumprirem as condições dos objetivos de proteção e simultaneamente for $\gamma \geq 1$.

A segurança contra incêndio é insuficiente se for $\gamma < 1$.

Para a elaboração de um novo conceito de proteção contra incêndio, convirá proceder segundo a seguinte lista de prioridades:

- 1 – Respeitar todas as medidas normais
- 2 – Melhorar a conceção do edifício para que:
 - daí resulte um tipo de construção mais favorável
 - o valor de F seja aumentado
 - o valor de i seja diminuído
- 3 – Prever medidas especiais adequadas (compensação)

A prova de uma segurança suficiente contra incêndio deve voltar a ser feita para o novo conceito de proteção contra incêndio.

2.2.2. Aspetos fundamentais do Método de Gretener

Desenvolvido na Suíça, em 1968, por Max Gretener com o objetivo de apoio ao agradecimento de prémios de seguros na indústria e armazéns de grande dimensão é, provavelmente, o método de análise de risco de incêndio mais utilizado, adaptado e difundido em todo o mundo.

2.3. Método de FRAME

“FRAME”, Fire Risk Assessment Method for Engineering, é um método completo, transparente e claro para o cálculo do risco de incêndio nos edifícios. Esta ferramenta destinada ao engenheiro projetista (entre outros destinatários), que tem por missão estabelecer um plano de proteção contra o risco de incêndio eficaz e simultaneamente económico, seja para edifícios novos seja para edifício já existentes, caso do edifício em estudo.

Para além das várias regulamentações e legislação existentes orientadas para a segurança das pessoas, FRAME visa igualmente a proteção do património e das atividades. O método permite assim avaliar situações diferentes de forma uniforme, possibilitando a avaliação do risco e das medidas de proteção existentes, e permite por isso comparar as soluções alternativas.

O método FRAME calcula o risco de incêndio nos edifícios seja do ponto de vista patrimonial, seja para os seus ocupantes e atividades desenvolvidas no interior dos edifícios, como já mencionado anteriormente.

Uma avaliação sistemática dos fatores determinantes é realizada, e o resultado final é uma série de valores expressos de forma numérica, o que poderia ser dito de outra forma como uma longa descrição dos aspetos positivos e negativos.

Importante será referir que o método não está adaptado para as instalações a “céu aberto”. FRAME foi desenvolvido a partir de um método proposto nos anos 60 pelo engenheiro suíço M.Gretener, e de numerosos métodos similares: ERIC – EVALUATION du RISQUE d’INCENDIE par le CALCUL).

FRAME usa modelos elementares do fogo e segue a mesma abordagem que a maior parte dos métodos de risco. Partindo de um número limitado de encenações do fogo, a consideração é dada à probabilidade do fogo, à severidade das consequências e ao nível de exposição.

2.3.1. Princípios base do método de FRAME

O Método de FRAME usa cinco princípios de base:

- 1) O método parte do princípio que existe um equilíbrio entre o perigo e a proteção num edifício bem protegido.

Expresso de forma numérica, pode escrever –se:

$$\frac{Perigo}{Proteção} = Risco < 1,0 \quad (2.18)$$

Pelo descrito anteriormente na equação (17) um valor mais elevado do quociente reflete uma situação mais desfavorável do edifício.

O dano causado por um incêndio pode ser limitado à divisão onde este aconteceu, não existindo vítimas e podendo retomar a ocupação do edifício depois de ter limpo e reparado a divisão afetada.

- 2) Pode avaliar-se o perigo por duas séries de fatores.

A primeira série de fatores define o caso mais desfavorável a considerar, a segunda série a extensão das possíveis consequências. O perigo é portanto definido por dois valores, o “**risco potencial P**” e o “**risco aceitável A**”.

- 3) Pode calcular-se a proteção partindo de valores específicos para diferentes técnicas de construção.

Os valores a utilizar representam os diferentes meios disponíveis:

- a) o meio de extinção mais frequente: a água;
- b) as medidas construtivas para a evacuação;
- c) a resistência ao fogo da construção;
- d) os meios manuais de intervenção;
- e) os meios automáticos de intervenção;
- f) o auxílio público;
- g) a separação física dos riscos.

- 4) Torna-se necessário efetuar três cálculos, correspondentes a três situações:

Um primeiro cálculo refere-se ao edifício e seu conteúdo, um segundo para as pessoas que ocupam, e um terceiro cálculo para a atividade económica que se desenvolve no interior deste. Os fatores de influência não se comportam todos da mesma forma para o risco “patrimonial”, “pessoas” ou para o risco “atividades”.

Com efeito, o risco potencial e o risco aceitável não são os mesmos, e os meios de proteção apresentam resultados diferentes para cada um destes aspetos do risco.

- 5) A unidade de cálculo é um compartimento ao mesmo nível

Se existem vários compartimentos, ou vários níveis (andares), é necessário efetuar uma série de cálculos para cada compartimento e para cada nível, ou pelo menos para os compartimentos mais representativos do perigo.

2.3.2. Definições e fórmulas

Para os bens patrimoniais, o risco é dado por R, sendo por definição:

$$R = \frac{P}{A \times D} \quad (2.19)$$

Onde:

P = Risco potencial

A = Risco aceitável

D = Nível de proteção

O risco potencial P é definido por:

$$P = q \times i \times g \times e \times v \times z \quad (2.20)$$

Onde:

- q é o fator de carga calorífica (carga térmica),

- i é o fator de propagação;

- g é o fator de geometria horizontal;

- e é o fator dos andares;

- v é o fator de ventilação;

- z é o fator de acessibilidade.

O risco aceitável é por definição:

$$A = 1.6 - a - t - c \quad (2.21)$$

Em que 1.6 é o valor máximo de A, a é o fator de ativação, t é o fator de evacuação, c é o fator de conteúdo.

O nível de proteção D é por definição:

$$D = W \times N \times S \times F \quad (2.22)$$

Onde:

- W é o fator dos recursos de água;

- N é o fator de proteção normal;

- S é o fator de proteção especial;

- F é o fator de resistência ao fogo.

Para as pessoas /ocupantes é dado por R1, sendo por definição:

$$R_1 = \frac{P_1}{A_1 \times D_1} \quad (2.23)$$

Em que:

- P1 igual a risco potencial;
- A1 igual a risco aceitável;
- D1 nível aceitável.

O Risco Potencial P1 é definido por:

$$P_1 = q \times i \times e \times v \times z \quad (2.24)$$

Onde:

- q é o fator de carga calorífica(carga térmica);
- i é o fator de propagação;
- e é o fator de andares (níveis);
- v é o de ventilação;
- z é o de fator de acessibilidade.

O risco aceitável A1 é definido por:

$$A_1 = 1,6 - a - t - r \quad (2.25)$$

Onde 1.6 é o valor máximo de A, a é o fator de ativação, t é o fator de evacuação, r é o fator ambiental.

O nível de Proteção D1 é definido por:

$$D_1 = N \times U \quad (2.26)$$

Onde N é o fator de proteção normal e U é o fator.

Para as atividades:

O risco para as atividades R2 é definido por:

$$R_2 = \frac{P_2}{A_2 \times D_2} \quad (2.27)$$

Em que:

- P2 igual a risco potencial;
- A2 igual a risco aceitável;
- D2 nível aceitável.

O Risco Potencial P2 é definido por:

$$P_2 = i \times g \times e \times v \times z \quad (2.28)$$

Onde:

- g é o fator de geometria horizontal;
- i é o fator de propagação;
- e é o fator de andares (níveis);
- v é o de ventilação;
- z é o de fator de acessibilidade.

O risco aceitável A2 é definido por:

$$A_2 = 1,6 - a - c - d \quad (2.29)$$

Onde 1,6 é o valor máximo de A, a é o fator de ativação, c é o fator de conteúdo, d é o fator de dependência.

O nível de Proteção D2 é definido por:

$$D_2 = W \times N \times S \times Y \quad (2.30)$$

Onde W é o fator de recursos em água, N é o fator de proteção normal, S é o fator de proteção especial e Y é o fator de salvaguarda.

Antes de começar o cálculo prático, devem ter-se recolhido todos os dados anteriormente referidos. O cálculo é feito por compartimento do fogo, no caso a Refinaria de Matosinhos completa, tendo uma boa descrição desta, do seu uso e de sua construção, assim como a informação sobre os meios existentes da proteção de fogo.

Uma vez que toda a informação é recolhida, o cálculo pode começar pelos fatores de influência para os riscos potenciais P, P1, e P2 de acordo com as equações e dados anteriormente referidos. A segunda etapa é calcular os níveis de risco aceitáveis A, A1, A2, que dará uma indicação das exigências de proteção.

A etapa seguinte é calcular os valores de W, de N, de S e de F para o sistema proposto de proteção contra incêndios, e verificar que o valor é de R, o risco de incêndio para o edifício e seu conteúdo. Por vezes demonstra-se necessário recalculá-lo esse valor, se o nível escolhido de proteção é inadequado. É igualmente possível fazer um segundo cálculo para um conceito diferente da proteção a fim de comparar as soluções possíveis.

Uma vez que a proteção adequada para o edifício está definida, deve verificar-se se este conceito é também adequado para a proteção dos ocupantes, isto já com os valores de U e de R1 calculados.

O conceito da proteção de fogo que protege adequadamente o edifício e as pessoas nele pode ainda ter alguns pontos fracos tanto quanto as atividades. Deve por isso calcular-se os valores de Y e de R2 para verificar essa segurança, as exigências adicionais para proteger as atividades irão influenciar apenas ligeiramente o nível de proteção do edifício e os ocupantes.

2.3.3. Em que situações se deve utilizar o método de FRAME?

Conceber/projetar sistemas de proteção contra incêndios eficazes

O primeiro objetivo do método de Frame é o de auxiliar o engenheiro de segurança (entre outros profissionais) a conceber um sistema de proteção contra incêndios eficaz e equilibrado. O engenheiro com algumas visitas ao local e ensaiando determinadas situações que se demonstrem pertinentes à segurança contra incêndios, observará os pontos fracos do edifício efetuando o cálculo. Com o detalhe fornecido pelo método é possibilitada a visualização dos aspetos onde uma melhoria e reforço das condições se mostra necessário, desta forma, deve aplicar-se novamente o método, sendo que o resultado final deverá confirmar o quanto fundamentadas são estas propostas de melhorias.

O método de avaliação do risco de incêndio torna-se então um método de Gestão do Risco de Incêndio.

Verificação de situações já existentes

O FRAME aplica-se facilmente a situações já existentes, mesmo quando não existe o interesse da melhoria das condições.

O cálculo mostrará a relação entre os pontos fortes e pontos fracos, e indicará o afastamento entre a realidade e uma situação mais favorável. FRAME pode ser utilizado para demonstrar que uma situação que está em “conformidade legal”, não significa necessariamente que o edifício livre do risco de incêndio.

Estimar os danos previsíveis

A experiência mostra que existe uma relação estreita entre o risco calculado R e os danos previsíveis em caso de sinistro. FRAME pode servir para calcular o dano patrimonial previsível.

No caso em que o dano real é superior ao dano teórico calculado, é sugerido que se procure o motivo pelo qual tal acontece. Pode no entanto dizer-se que se a diferença é significativa e pronunciada, uma “ajuda do exterior” será a explicação mais provável para a situação de dano real superior ao dano teórico calculado.

Comparação do método com a legislação de segurança contra incêndios existente

A abordagem FRAME difere em alguns pontos da que na legislação é observada, o método orienta o projetista em primeiro lugar para a proteção do património, antes de focar a segurança das pessoas e ocupantes. Desta forma, define-se em primeiro lugar uma proteção adequada para o edifício, e posteriormente verifica-se se as medidas complementares são necessárias para assegurar a segurança das pessoas e ocupantes e das atividades. Não obstante, a regulamentação privilegia frequentemente as medidas preventivas e passivas. A estabilidade ao fogo da construção é frequentemente imposta, no entanto, a implementação de uma rede de sprinkler's é raramente obrigatória.

FRAME permite uma maior liberdade de escolha das medidas a aplicar, o equilíbrio entre o risco e as medidas de proteção é idêntico ao que se encontra na maioria da regulamentação e códigos de segurança contra incêndios.

Graças a este equilíbrio incorporado, o FRAME pode servir para a verificação de soluções alternativas, nos casos onde a aplicação das regras e das prescrições explícitas obriga a modificações muito dispendiosos nos edifícios já existentes. Um primeiro cálculo seguindo as regras, apresentará o novo nível de segurança imposta, e um segundo cálculo usando a solução alternativa menos dispendiosa, pode provar que se atinge o mesmo nível de proteção.

Controlo de qualidade para o engenheiro de segurança contra incêndios

Um dos aspetos mais positivos do FRAME é o autocontrolo do engenheiro de proteção contra incêndios. A sua abordagem sistemática dos fatores que influenciam o risco de incêndio, força o engenheiro a agir de uma forma profissional, e o cálculo auxilia a reduzir as apreciações subjetivas.

2.4. Método de Edimburgo

Como o próprio nome indica desenvolvido em Edimburgo, pela Universidade local, sendo que o seu campo de abrangência é restringido aos edifícios hospitalares. O método consiste numa avaliação sistemática das medidas de segurança ao incêndio, comparando o resultado final com valores que se encontram tabelados.

2.5. Fire Safety Evaluation System

Este método procura avaliar o cumprimento da NFPA 101, restringindo o seu campo de aplicação aos estabelecimentos hospitalares, determinando um risco de ocupação que depende dos seguintes fatores:

- mobilidade dos pacientes;
- densidade dos pacientes;
- piso em que se situam os pacientes;
- relação entre pacientes e pessoal que presta os serviços;
- idade média dos pacientes.

Cada um destes fatores terá um valor atribuído, resultando do seu produto o risco relativo à ocupação.

Será também tida em conta a avaliação da idade do edifício, sendo determinado um fator em função desse dado.

Seguidamente o método propõe a determinação dos chamados parâmetros de segurança, para essa determinação existem alguns pressupostos a ter em consideração como:

- construção do edifício em estudo;
- acabamentos do edifício em estudo;
- sistemas de proteção existentes;
- dimensões dos espaços, entre outros.

Finalmente irá ser feita uma comparação dos valores determinados durante a análise com os valores de referência para a situação em causa.

2.6. Fire Risk Index Method

Método relevante nos países Nórdicos, de acordo com literatura analisada. Este método é aplicável sobretudo em edifícios de habitação, em que o risco S é calculado a partir da expressão (2.31) na qual intervêm dezassete parâmetros relacionados com diversos aspetos de segurança (meios de extinção, tipos de janelas, etc.):

$$S = \sum_{i=1}^n W_i X_i \quad (2.31)$$

Em que:

n – Número de parâmetros

W_i – Peso que afeta o valor de cada parâmetro

X_i – Valor atribuído a cada parâmetro

2.7. Risk Category Indicator Method

Este método foi desenvolvido nos EUA e apenas para análise de edifícios considerados como património cultural.

Através desta metodologia é possível um diagnóstico do risco com base em indicadores diversos associados ao tipo de ocupação, às pessoas, à atividade desenvolvida e às características do edifício.

2.8. Arson Risk Assessment Checklist

Metodologia desenvolvida em Inglaterra, pretende identificar potenciais riscos e medidas de segurança adotadas, está estruturada em seis partes distintas, cada uma delas englobando 10 itens.

2.9. Árvore de falhas

Metodologia de abordagem sistemática das possíveis causas de incêndio. Existem várias, a mais conhecida é a da “National Fire Protection Association”.

3. APLICAÇÃO AO CASO DE ESTUDO

3.1. Enquadramento

Nesta dissertação e como já referido realizou-se uma análise de risco de incêndio na fábrica de óleos base do complexo industrial da refinaria da Petróleos de Portugal – Petrogal, S.A.



Figura 3.1 – Localização do complexo industrial da Refinaria de Matosinhos e da fábrica dos óleos base (Fonte: Google Earth).

3.1.1. Caracterização da instalação industrial

O complexo industrial da refinaria de Matosinhos possui uma área de implantação de aproximadamente 400 hectares e está interligado ao terminal para petroleiros no porto de Leixões por vários oleodutos com cerca de dois quilómetros de extensão. Possui uma capacidade de armazenagem na ordem de 1.780.000 m³, dos quais cerca 649.000 m³ são para ramos de petróleo e 1.132.000 m³ para produtos intermédios finais e cerca de 1.250 km de pipelines (figura 3.2).



Figura 3.2 – Vista geral do complexo industrial da refinaria de Matosinhos (Fonte: Galp Energia).

A refinaria de Matosinhos é constituída pelas seguintes linhas de produção: combustíveis, óleos base, aromáticos e solventes, massas lubrificantes, moldação de parafinas, betumes e enxofre.

Possui uma capacidade de tratamento de petróleo bruto de 5,5 milhões de toneladas/ano. Neste complexo industrial existem 32 unidades produtivas distribuídas pelas fábricas de Combustíveis, Óleos Base, Aromáticos e Solventes e Lubrificantes.

É uma refinaria de especialidades com uma vasta variedade de produção de derivados ou produtos aromáticos. Neste trabalho, dada a dimensão do complexo industrial, será efetuado o estudo apenas na fábrica de óleos base.

FÁBRICA DE COMBUSTÍVEIS

Possui uma capacidade de tratamento de 4,3 milhões ton/ano. É constituída por 15 unidades processuais.

Destilação Atmosférica

Nesta unidade realiza-se, por destilação, a separação primária de matéria-prima (petróleo-bruto) em 4 grandes frações: produto de topo (leves), petróleo, gasóleo e resíduo atmosférico, figura 3.3.



Figura 3.3 – Destilação atmosférica.

Dessulfuração de nafta (Unifinning)

Remove, por via catalítica em atmosfera de hidrogénio, os compostos orgânicos de enxofre, oxigénio e azoto presentes na nafta, figura 3.4.



Figura 3.4 – Dessulfuração de nafta (Unifinning).

Tratamento e Recuperação de Gases

O tratamento de Gases extrai o gás sulfídrico contido nas várias correntes gasosas destinadas a fuelgás. A Recuperação de Gases compreende a separação dos gases incondensáveis contidos nas correntes GPL (propano e butano), provenientes de diferentes unidades, figura 3.5.



Figura 3.5 – Tratamento e recuperação de gases.

Recuperação de Enxofre I e II

As duas unidades convertem o sulfureto de hidrogénio (H_2S) contido na corrente gasosa, proveniente da unidade de Tratamento de Gases, em enxofre elementar. A corrente de tail gas formada durante a reação é sujeita a uma lavagem com amina para aumentar a recuperação de enxofre, figura 3.6.



Figura 3.6 – Recuperação de Enxofre I e II.

Vácuo / Visbreaker

O resíduo atmosférico é tratado na unidade de Vácuo. Obtém-se o gasóleo de vácuo ligeiro, que segue para tratamento na Unidade de Dessulfuração do Gasóleo, e o Gasóleo de Vácuo Pesado, que é enviado como carga ao Hidrocracker de Sines, figura 3.7.



Figura 3.7 – Vácuo/Visbreak.

Dessulfuração de Gasóleo I e II

Trata-se de um processo de hidrodessulfuração do gasóleo (reação catalítica, reação catalítica realizada a alta pressão parcial de hidrogénio, na presença de um catalisador apropriado), que reduz drasticamente o seu teor de enxofre, figura 3.8.



Figura 3.8 – Dessulfuração de gasóleo I e II.

Purificação de Hidrogénio (PSA)

Usa sequencialmente a absorção e a dessorção da corrente de hidrogénio em seis diferentes leitos, por forma a obter uma pureza de 99,5% em hidrogénio e uma corrente de impurezas chamadas tail gás, figura 3.9.



Figura 3.9 – Purificação de Hidrogénio.

Tratamento de GPL e de gasolina leve

Este processo de tratamento, designado por Merox, tem como objetivo remover os mercaptanos (tióis), presentes nas correntes de GPL e nafta leve, através de uma extração com uma solução aquosa de soda cáustica. Os GPL tratados são enviados para a unidade de Recuperação de Gases, figura 3.10.



Figura 3.10 – Tratamento de GPL e gasolina leve.

Platformings Semi-Regenerativo e de Regeneração Contínua (CCR)

Converte os hidrocarbonetos nafténicos e parafínicos em gasolina pesada dessulfurada em aromáticos (reformação catalítica), libertando hidrogénio como subproduto da reação, figura 3.11.



Figura 3.11 – Platformings Semi-Regenerativo e de Regeneração Contínua (CCR).

FÁBRICA DE ÓLEOS BASE

Possui uma capacidade de tratamento de 1,2 milhões ton/ano de petróleo bruto. A fábrica de Óleos Base produz óleos base, parafinas e betumes, utilizando um petróleo bruto essencialmente parafínico.

A fábrica de óleos base (figura 3.12) tem como atividade a produção de óleos base, constituintes principais dos óleos lubrificantes e dos óleos de processamento, parafinas e betumes, utilizando como matéria-prima petróleo bruto essencialmente parafínico, ou seja, o Arabian Light.



Figura 3.12 – Vista geral da fábrica de óleos base (Fonte: Galp Energia).

Desasfaltação pelo Propano

Trata o resíduo de vácuo proveniente da coluna de destilação sob vácuo, por um processo de extração líquido/líquido, cujo solvente é o propano líquido. Desta extração, resulta um óleo desasfaltado (bright stock) e um resíduo asfáltico, figura 3.13.



Figura 3.13 – Desasfaltação pelo Propano.

Tratamento por Hidrogénio

Trata, por hidrogenação, os óleos desparafinados, na presença de um catalisador apropriado, para garantir adequadas características de cor, estabilidade térmica e oxidação, requeridas por especificação de óleos base, figura 3.14.

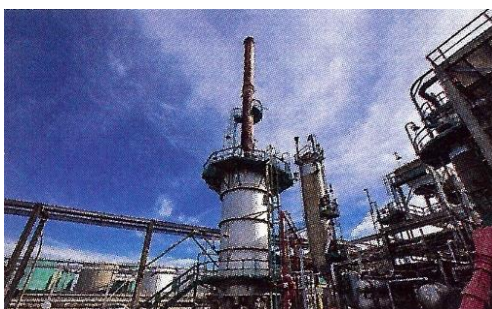


Figura 3.14 – Tratamento por Hidrogénio.

Extração pela Furfural

Os destilados de vácuo e óleo desasfaltado são submetidos a um processo de extração líquido/líquido para remoção das suas componentes aromáticas, cujo solvente é o furfural, no sentido de se obterem óleos refinados com o índice de viscosidade desejado, figura 3.15.



Figura 3.15 – Extração pelo Furfural.

Hidrogenação de Parafinas

As parafinas duras provenientes da Unidade de Desparafinação por solventes, são submetidas a um severo processo de hidrogenação catalítica, que lhe confere excelentes características mesmo para usos mais exigentes, figura 3.16.



Figura 3.16 – Hidrogenação de Parafinas.

Desparafinação

Retira dos refinados as parafinas de ponto de fusão mais alto, de modo a serem obtido óleos desparafinados com baixo ponto de fluxo, utilizáveis a baixas temperaturas, figura 3.17.



Figura 3.17 – Desparafinação.

Produção de betumes

Produz os diferentes tipos de betumes, usados em pavimentos rodoviários, por mistura adequada de resíduo asfáltico, resíduo vácuo e extrato aromático, figura 3.18.



Figura 3.18 – Produção de betumes.

FÁBRICA DE LUBRIFICANTES

Tendo como matéria-prima os óleos base parafínicos, proveniente da Fábrica de Óleos Base, as variedades de óleos lubrificantes pretendidos são obtidas a partir de formulações desenvolvidas pela Área de Desenvolvimento de Lubrificantes, assegurando as exigências do mercado.

FÁBRICA DE AROMÁTICOS E SOLVENTES

Possui uma capacidade de produção de 440000 ton/ano de aromáticos e solventes.

Pré-Destilação

Esta unidade é, normalmente alimentada com reformado (efluente de reformação catalítica), produzido na fábrica de combustíveis, dando origem a várias correntes processuais. A gasolina leve é devolvida à refinaria como componente de gasolinas e nafta química, figura 3.19.



Figura 3.19 – Pré-destilação.

Isomar

Esta unidade recebe a mistura pobre em paraxileno, proveniente da unidade Parex. Esta corrente, segue para um reator onde ocorre a isomeração dos C8, figura 3.20.

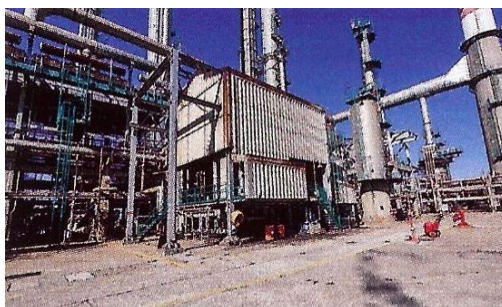


Figura 3.20 – Isomar.

Arosolvan

Esta unidade trata o corte C6/C7 proveniente da Unidade de Pré destilação. Os componentes alifáticos são separados dos aromáticos, por extração líquido/líquido. O

extrato, após recuperação do solvente por destilação e lavagem com água, é submetido a uma destilação para obtenção do benzeno e do tolueno de elevada pureza, figura 3.21.



Figura 3.21 – Arosolvan.

Solventes

Funciona alternadamente, produzindo solventes, alifáticos por destilação do refinado da unidade Arosolvan, figura 3.22.



Figura 3.22 – Solventes.

Parex

Destina-se a produzir parexileno de elevada pureza, a partir do corte de C8 recebido da unidade de pré-destilação, quase inteiramente constituído para axileno e seus isómeros, figura 3.23.

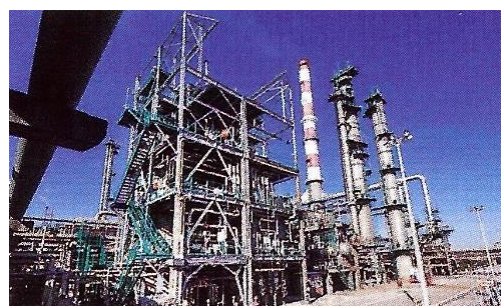


Figura 3.23 – Parex.

Utilidades

Produz e distribui as unidades necessárias ao funcionamento deste complexo, figura 3.24. Nos geradores de vapor é produzido vapor de alta pressão, o qual é enviado para os turbogeradores, para produção de energia elétrica e vapor de média pressão. Este vapor é consumido internamente em aquecimento diverso e no acionamento de turbinas. Retorna à Central como condensado, ou como vapor de baixa pressão. Toda a energia elétrica é distribuída à refinaria através de várias subestações.



Figura 3.24 – Utilidades.

3.1.2. Caracterização do processo de produção

Esta unidade de produção, após uma separação prévia das frações dos hidrocarbonetos mais leves que envia para a fábrica de combustíveis, fraciona o resíduo mais pesado, produzindo destilados. As unidades processuais que constituem a instalação utilizam processos físico-químicos que conferem diversas propriedades a estes destilados para obtenção de óleos base correspondentes, conforme esquema apresentado na figura 3.25.

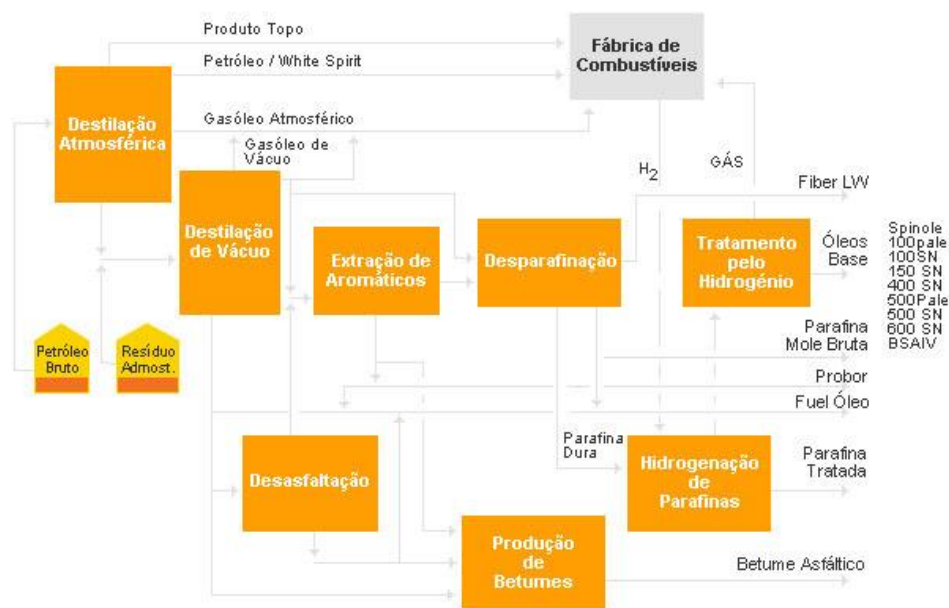


Figura 3.25 – Esquema do processo de produção (Fonte: Galp Energia).

3.1.3. Identificação e caracterização do interior da fábrica de lubrificantes

A fábrica de lubrificantes encontra-se dividida essencialmente por seis zonas, sendo elas:

- 1 – Zona de fabrico de óleos e de massas lubrificantes;
- 2 – Zona de embalagem dos produtos;
- 3 – Zona de armazenamento dos óleos e lubrificantes;
- 4 – Zona de enchimento e armazenamento de petróleo;
- 5 – Zona de expedição dos produtos armazenados;
- 6 – Laboratório da fábrica dos lubrificantes.

A zona de fabrico de óleos e de massas lubrificantes é o local onde as matérias-primas são misturadas por forma a obter o produto pretendido, na figura 3.26 é possível ter uma ideia do funcionamento do local referido.

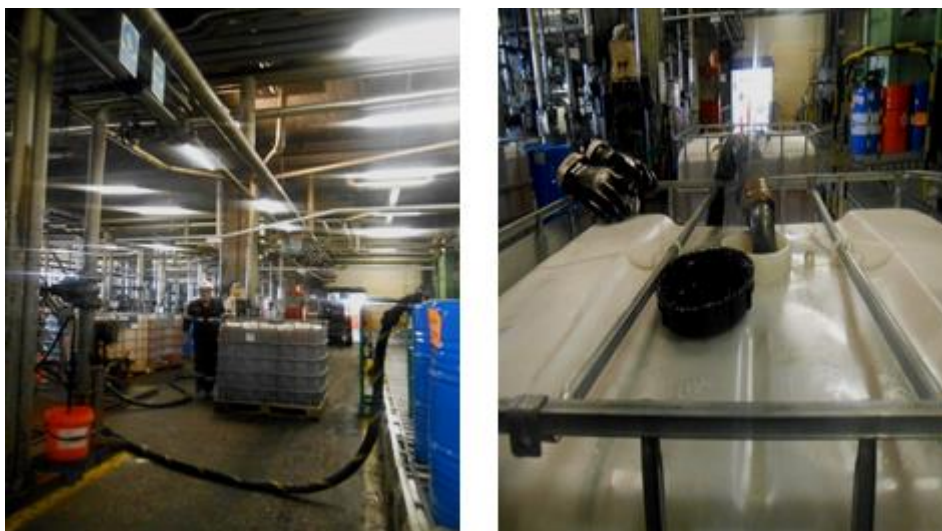


Figura 3.26 – Zona de fabrico de óleos e massas lubrificantes.

A zona de embalagem é onde os produtos são colocados nas embalagens respetivas e devidamente rotulados para poderem ser armazenados corretamente, observar tabela 3.27.

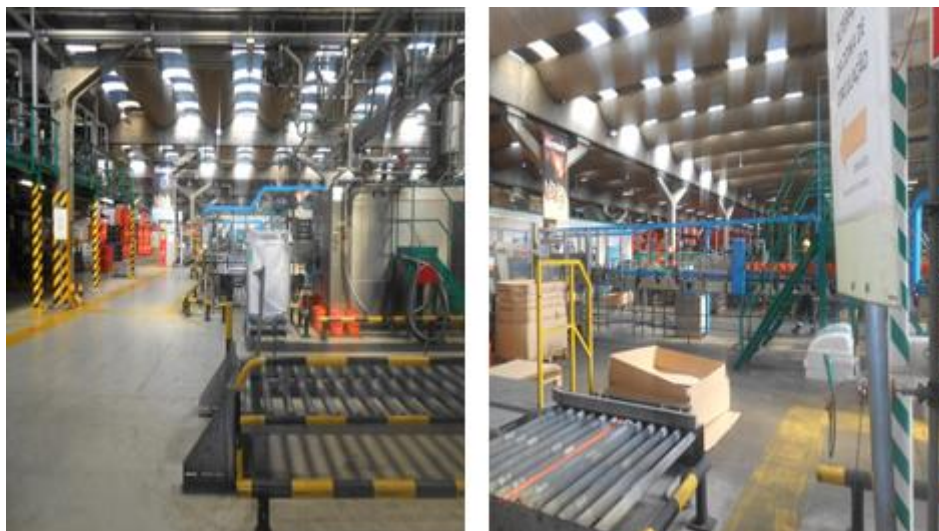


Figura 3.27 – Zona de embalagem.

A zona de armazenamento dos produtos embalados é a zona que ocupa a maior superfície da fábrica, pois é também neste espaço, em local próprio, que se armazenam as matérias-primas.

Seguidamente, através da figura 3.28, podem observar-se diferentes locais da referida.

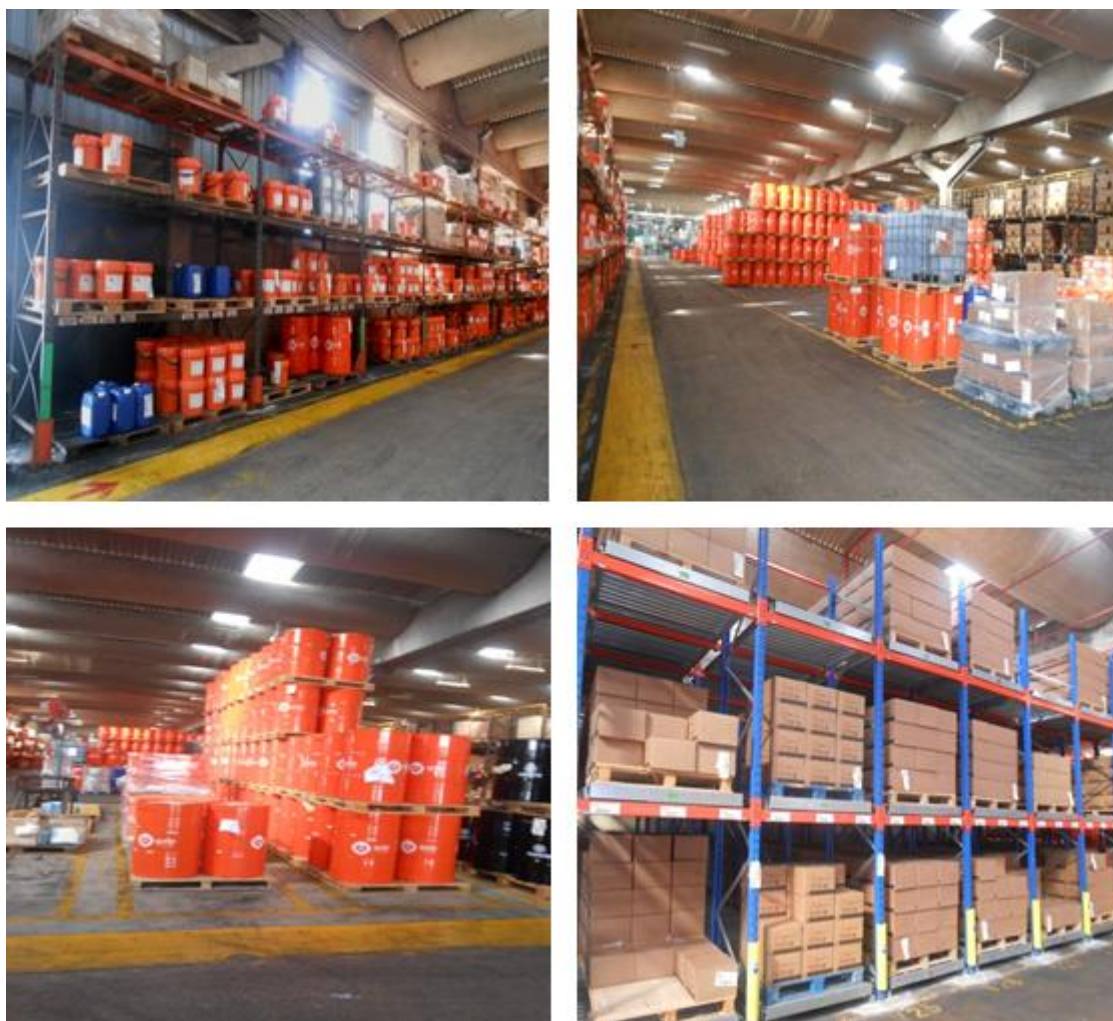


Figura 3.28 – Zona de Armazenamento.

A zona de enchimento e armazenamento dos petróleos, é dividida em duas uma onde se faz o enchimento e outra onde se faz o armazenamento como se pode identificar através da figura 3.29.



Figura 3.29 – Zona de enchimento e armazenamento de petróleos.

Os produtos armazenados são depois com ajuda do empilhador colocados nos camiões para serem expedidos.

Neste ponto refere-se à análise do laboratório presente na fábrica dos óleos base, da Refinaria de Matosinhos, onde se efetua o desenvolvimento de novos produtos, o controlo de qualidade de todos os produtos produzidos na fábrica e de todas as matérias-primas recebidas.

A complexidade dos sistemas produtivos cria a necessidade de tratar a informação existente, com o auxílio dos mais diversos instrumentos disponíveis. Os objetivos fundamentais da descrição de sistemas residem principalmente na visualização de ocorrências e de interações entre os seus diferentes componentes. A análise é centrada na produção do fluxo ótimo de produtividade, ou na determinação empírica das condições ótimas de funcionamento. A rapidez e a facilidade de tratamento de informação, aliada à capacidade de visualização e de interatividade do sistema, conferem à simulação características únicas de um forte instrumento aplicado à gestão.

O objeto deste estudo centra-se na descrição, modelização e simulação de um sistema real, uma instalação Laboratorial pertencente às infraestruturas técnicas da GalpEnergia. O sistema estudado é constituído por um conjunto de equipamentos, os quais executam determinados ensaios físico-químicos ou operações.

O desenvolvimento deste trabalho pretende envolver uma análise prática e uma perspetiva descritiva da realidade, tentando salientar uma visão pormenorizada do sistema a modelizar.

A descrição dos componentes do sistema e dos processos associados ao sistema real é considerada uma atividade fundamental para a conceção do modelo. A qualidade do processo de análise e de interpretação do sistema real depende, fundamentalmente, da correta recolha de dados e de informação. A validação do sistema configurado é desta forma uma operação delicada, a qual depende necessariamente do rigor definido na descrição do modelo.

O sistema laboratorial é constituído por diversas entidades e atividades, que definem processos, mais ou menos complexos. Na instalação laboratorial, são criados diferentes tipos de relatórios, sendo estes definidos em função do tipo de lubrificante ou equipamento utilizado. Na receção de amostras, a classificação e ordenação das mesmas é realizada em função da ordem de chegada. A distribuição da amostra ou de frações de amostra pelo laboratório é realizada de forma a garantir a execução dos diferentes ensaios constituintes do relatório. Assim, conforme os equipamentos disponíveis e do conhecimento que se tem

deles, descreve-se o grupo de atividades a que as diferentes amostras poderão ser submetidas.

Todas as atividades desenvolvidas no laboratório são normalizadas, regidas pelas normas técnicas ASTM, sendo que os equipamentos seguem também essas normas cumprindo calibrações, etc. Para além de se seguir todas as normas, as atividades de laboratório também são conduzidas por procedimentos de segurança e normativos, sendo essas atividades acreditadas segundo a ISO 17025.

Seguidamente irão apresentar-se alguns os ensaios realizados com risco de incêndio:

- 1 – Espectrómetro de emissão por plasma e método ASTM D 5185 no Laboratório Galp de Lubrificantes
- 2 – Ensaio para determinação do Ponto de Inflamação em vaso fechado e método ASTM D 93 no Laboratório Galp de Lubrificantes
- 3 - Ensaio para determinação do Ponto de Inflamação em vaso aberto e método ASTM D 93 no Laboratório Galp de Lubrificantes

3.2. Aplicação dos métodos de análise de risco aos casos de estudo

Após percorrer todos os passos anteriormente descritos, procedeu-se ao preenchimento da tabela seguinte, de acordo com os dados do caso de estudo.

Tabela 3.1 – Aplicação do método de Gretener.

EDIFÍCIO	REFINARIA DE MATOSINHOS		
Localização	Rua Boa Nova Leça Palmeira		
	Localidade: Leça da Palmeira, 4450 Matosinhos		
	Descrição		
Tipo de Construção	G:Construção de grande superfície permite e facilita a propagação horizontal ao fogo, não a vertical	Variante = 1	2
		A=l= 135	135
Compartimento de incêndio	Estende-se ao conjunto do edifício ou a uma parte deste, separada de maneira a resistir ao fogo. Trata-se de edifícios ou de partes em que a separação entre os andares é insuficiente ou inexistente.	B=b= 170	170
		A.B= 170 x 135	22950
		l/b=135/170	0,79

		TIPO DE CONCEITO	Tipo = G			
Perigos Potenciais	Conteúdo	q	Carga incêndio mobiliária	$Q_m = 1000$ $\rightarrow 1,50$	15,21	
		c	Combustibilidade	1,60		
	Edifício	r	Perigo de fumos	1,00		
		k	Perigo de corrosão	1,20		
	P	PERIGO POTENCIAL	$P = qcrk.ieg$			
Medidas contra o desenvolvimento do incêndio	Nominais	n1	Extintor portátil	1,00	0,95	
		n2	Hidrante interior	1,00		
		n3	Água de extinção	1,00		
		n4	Conduta de transporte	0,95		
		n5	Pessoal instruído	1,00		
		N	MEDIDAS NORMAIS	$N = n1.n2.n3.n4.n5$		
	Especiais	s1	Deteção do fogo	1,05	5,14	
		s2	Transmissão do alerta	1,20		
		s3	Bombeiros	1,70		
		s4	Escalão de intervenção	1,00		
		s5	Instalação de extinção	2,00		
		s6	Evacuação de fumo e calor	1,20		
		S	MEDIDAS ESPECIAIS	$S = s1.s2.s3.s4.s5$		
	Construção	f1	Estrutura resistente	1,00	1,00	
		f2	Fachadas	1,00		
		f3	Teto - separação dos andares/comunicações verticais	1,00		
		f4	Grandeza da célula / área das janelas AF/AZ	1,00		
		F	MEDIDAS DE CONSTRUÇÃO	$F = f1.f2.f3.f4.f5$		
	B	Fator exposição perigo	3,11	5,60		
	A	Perigo de ativação	1,80			
	R	RISCO DE INCÊNDIO EFECTIVO	$R = B.A$			
PHE	Exposição ao perigo das pessoas	H=	1			
		p=				
Ru	Risco limite admissível	$1,3.pH.E=$	1,3			
SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO			$\gamma = Ru/R$	0,24	N. V.	
Se $\gamma < 1,00$ edifício Inseguro						
Se $\gamma \geq 1,00$ edifício SEGURO						

Após percorrer todos os passos anteriormente descritos e de ter em consideração os parâmetros e a sua forma de cálculo, procedeu-se ao preenchimento da tabela seguinte, de acordo com os dados do caso de estudo.

Tabela 3.2 – Aplicação do método de FRAME.

Edifício	1	Resíduos sólidos urbanos	3750 MJ/m²
R - Risco para os bens patrimoniais			
P - Risco Potencial			início
Fator de carga calorífica		q	1,66
Fator de propagação		i	1,49
Fator de geometria horizontal		g	4,32
Fator dos andares		e	1,00
Fator de ventilação		v	1,12
Fator de acessibilidade		z	3,00
P=q.i.g.e.v.z		P	36,04
A - Risco Aceitável			
Fator de ativação		a	0,90
Fator de evacuação		t	0,04
Fator de conteúdo		c	0,47
A=1,6-a-t-c	A>0,2	A≤1,6	A
			0,19
D - Nível de Proteção			
Recursos de água		w1	0,00
		w2	4,00
	Wfixo	w3	2,00
		w4	3,00
		w5	0,00
		w	9,00
Fator dos recursos de água		W	0,63
Proteção normal		n1	2,00
		n2	2,00
	Nvaria	n3	0,00
		n4	4,00
		n	8,00
Fator de proteção normal		N	0,66
Proteção especial		s1	0,00
		s2	5,00
	Sfixo	s3	11,00
		s4	8,00
		s	24,00
Fator de proteção especial		S	3,23

Resistência ao fogo			fs	30,00
			ff	30,00
	Ffixo		fd	30,00
			fw	30,00
			f	30
fator de resistência ao fogo			F	1,22
D=W.N.S.F			D	1,65
- Risco para os bens patrimoniais				
R=P/(A*D)			R (≤1)	113,82
R1 - Risco para os ocupantes				
P1 - Risco Potencial				
P1=q.i.e.v.z			P1	8,34
A1 - Risco Aceitável				
Fator ambiental			r	0,60
A1=1,6-a-t-r	A1>0,2	A1≤1,6	A1	0,06
D1 - Nível de Proteção				
Fuga			u1	0,00
			u2	0,00
	Ufixo		u3	2,00
			u4	0,00
			u5	2,00
			u	4,00
Fator de fuga			U	1,22
D1=N.U			D1	0,81
R1 - Risco para os ocupantes				
R1=P1/(A1*D1)			R1 (≤1)	172,43
R2 - Risco para as atividades				
P2 - Risco Potencial				
P2=i.g.e.v.z			P2	21,65
A2 - Risco Aceitável				
Fator de dependência			d	0,10
A2=1,6-a-c-d	A2>0,2	A2≤1,6	A2	0,13
D2 - Nível de Proteção				
Salvamento			y1	2,00
	Yfixo		y2	2,00
			y	4,00
Fator de salvaguarda			Y	1,22
D2=W*N*S*Y			D2	1,64
R2 - Risco para as atividades				
R2=P2/(A2*D2)			R2 (≤1)	100,06

4. SIMULAÇÃO DE INCÊNDIO NA FÁBRICA DE LUBRIFICANTES

4.1. Modelação Computacional

Os modelos computacionais mais comuns para o cálculo da evolução de temperaturas em situação de incêndio descrevem a forma como se propaga o calor e os fumos num compartimento. Estes modelos são referidos como modelos de zona e modelos de campo.

4.1.1. Modelos de Zona

Um modelo de zona é um modelo numérico que divide os espaços físicos em diferentes volumes de controlo, ou zonas. Os modelos de zona mais comuns dividem um compartimento em duas zonas, uma zona superior mais quente e uma zona inferior mais fria.

Um caso particular dos modelos de zona é os “modelos de uma zona”. Estes últimos são baseados na hipótese de que existe apenas uma camada uniforme e o compartimento de incêndio pode ser tratado com propriedades homogéneas. Alguns modelos de zona incluem a possibilidade de transitar de um modelo de duas zonas para um modelo de uma zona quando estão reunidas condições para que tal aconteça (quando ocorre o flashover).

Para que seja possível usar as equações destes modelos, deve-se considerar algumas hipóteses:

O fumo fica separado em duas camadas distintas (como pode ser observado num incêndio real).

Considera-se que, apesar de não ser verdade, cada camada é uniforme, uma vez que as diferenças na própria camada são desprezáveis quando comparadas com as diferenças que existem entre as duas camadas.

A pluma de incêndio funciona como uma bomba que projeta partículas (de fumo) e calor para a zona superior. Contudo, o volume da pluma é considerado pequeno comparado com as dimensões da zona superior e inferior sendo por isso ignorado.

A maioria do mobiliário do compartimento é ignorada; o calor é perdido para a envolvente do compartimento e não para o mobiliário. (Alguns modelos de zona podem determinar a propagação das chamas a algum mobiliário)

Na tabela 4.1 estão apresentados alguns modelos de zona mais conhecidos.

Tabela 4.1 – Modelos de Zona.

Modelo	País	Breve descrição
ARGOS	Dinamarca	Modelo de zonas multicompartimento
Branzfire	Nova Zelândia	Modelo de zonas em múltiplos compartimentos completamente integrado com um modelo de propagação de chama e desenvolvimento de incêndio aplicável a cenários de incêndio em compartimentos
CiFi	França	Modelo de zonas em múltiplos compartimentos
FAST/CFAST	EUA	Modelo de zonas para previsão do ambiente na estrutura de um compartimento
FireWind	Austrália	Modelo de zonas em múltiplos compartimentos com diversos submodelos
NRCC1	Canadá	Modelo de zonas para um compartimento
Ozone	Bélgica	Modelo de zonas focalizado no comportamento de estrutura

4.1.2. Modelos de Campo

Os modelos de campo CFD (computacional fluid dynamics, ou modelos numéricos da mecânica dos fluidos) representam a tecnologia de ponta no que respeita à segurança em situação de incêndio. O modelo CFD é constituído por uma grelha tridimensional de elementos de volume de controlo que representam o caso em estudo. Estes volumes de controlo são similares aos usados na modelação de zona, no entanto enquanto os modelos de zona podem ter duas ou três zonas, um modelo CFD pode ter centenas de milhares de volumes de controlo.

A resolução dos modelos CFD é demorada e a sua duração é importante, o tempo de cálculo dos modelos aumenta consoante aumentam os volumes de controlo.

Na tabela 4.2 são apresentados alguns dos modelos de campo mais conhecidos.

Tabela 4.2 – Modelos de campo mais conhecidos.

Modelo	País	Breve descrição
FDS	USA	Código CFD específico para fluxos relacionados com fogo
FLUENT	USA	Software CFD de uso geral
JASMINE	UK	Modelo CFD para propagação de fumo e fogo
SMARTFIRE	UK	Modelo de campo
SOFIE	UK/Sweden	Modelo CFD para propagação de fumo e fogo

De seguida descreve-se um modelo térmico de campo avançado utilizado no presente estudo, o FDS - Fire Dynamics Simulator & Smokeview:

O Fire Dynamics Simulator (FDS) é um modelo computacional de dinâmica de fluidos de propagação de incêndio por fluxo de fluido. O software resolve numericamente as equações de Navier-Stokes apropriadas para condução de fluidos térmicos lentos, com ênfase no transporte de fumo e calor de incêndios. O FDS foi desenvolvido com o intuito de resolver problemas práticos provocados por incêndios na engenharia de proteção contra incêndios e ao mesmo tempo fornecer uma ferramenta para o estudo da dinâmica e combustão em incêndios.

O Smokeview é um programa de visualização dos resultados da simulação do FDS. O Smokeview visualiza os resultados dos modelos FDS apresentando: fluxo da partícula, iso-curvas 2D ou 3D de dados de fluxo de gás tais como vetores de temperatura e de fluxo mostrando a direção e valor de fluxo. O Smokeview visualiza igualmente dados estáticos em instantes específicos onde usa também contornos 2D ou 3D.

4.2. Estudo da fábrica através dos Modelos de Desempenho

4.2.1. Introdução

Assim, para realizar o projeto de forma que o edifício seja seguro contra um incêndio, há que avaliar a energia à qual o edifício vai estar sujeito.

A quantidade de energia está relacionada com o material combustível existente na normal utilização do edifício. Esta grandeza tem um carácter variável, visto que depende do tipo de utilização do edifício ao longo do tempo. Logo, existe uma parte denominada por carga móvel que é independente do tipo de construção e não se mantém constante ao longo do tempo. Apesar desta quantidade de energia ser variável, a sua quantificação é de extrema importância para que seja possível prever o comportamento e desenvolvimento de um incêndio.

Essa quantidade de energia, denominada por carga de incêndio de um edifício, é definida como a quantidade de calor ou o potencial calorífico libertado durante uma combustão completa dos materiais combustíveis existentes no recheio dos compartimentos.

A carga de incêndio é obtida a partir da totalidade dos materiais combustíveis no interior da fábrica, sendo dada pelo somatório dos produtos das massas em quilogramas de cada material combustível pelo seu poder calorífico.

As metas de segurança contra incêndio consideradas no estudo são a segurança dos ocupantes e a proteção da propriedade. Estas metas são refinadas em dois objetivos de segurança contra incêndio, em que o primeiro é que as pessoas devem ser capazes de

evacuar antes que as condições insustentáveis possam ocorrer nos cenários de incêndio considerados, e a segunda é que o incêndio não se deve propagar a partir do compartimento de origem.

A partir destes objetivos, definiu-se os cenários de incêndio e determinou-se respetivos incêndios de cálculo. As curvas de incêndio foram então introduzidas no modelo de campo FDS e efetuadas as simulações para os diversos cenários. Estas simulações permitiram então analisar a propagação do fumo e das chamas ao longo do edifício nos diferentes cenários.

4.2.2. Modelação computacional do edifício

O modelo base do edifício foi concebido de modo a poder suportar as diversas variações que caracterizam os diversos cenários simulados. Numa tentativa de diminuir os tempos de simulação considerou-se uma malha de cálculo com a mesma dimensão aplicada em todo o modelo com células cúbicas de 0.50 m de lado, nos 3 eixos (x,y,z). Devido ao elevado tempo de processamento da simulação apenas se simulou 5 minutos (300 segundos), figura 4.1.

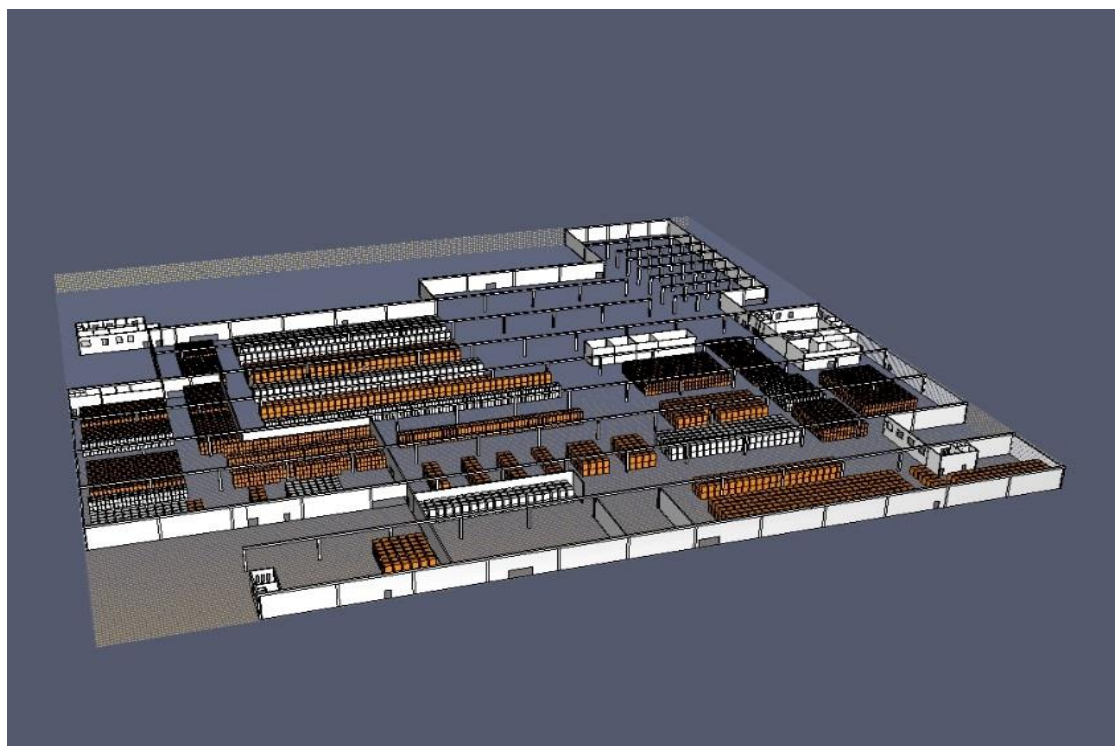


Figura 4.1 – Modelo base do edifício.

Nas simulações do modelo, foram colocados dispositivos de controlo de temperaturas em alguns pilares e vigas. Nos pilares foram aplicados cinco dispositivos afastados de 1 metro

(em altura) em cada uma das quatro faces. Nas vigas foram instalados três dispositivos igualmente espaçados (2,90 m) entre faces de pilares, nas 4 faces da viga. Os pilares e vigas onde foram colocados estes dispositivos podem ser visualizados na figura 4.2.

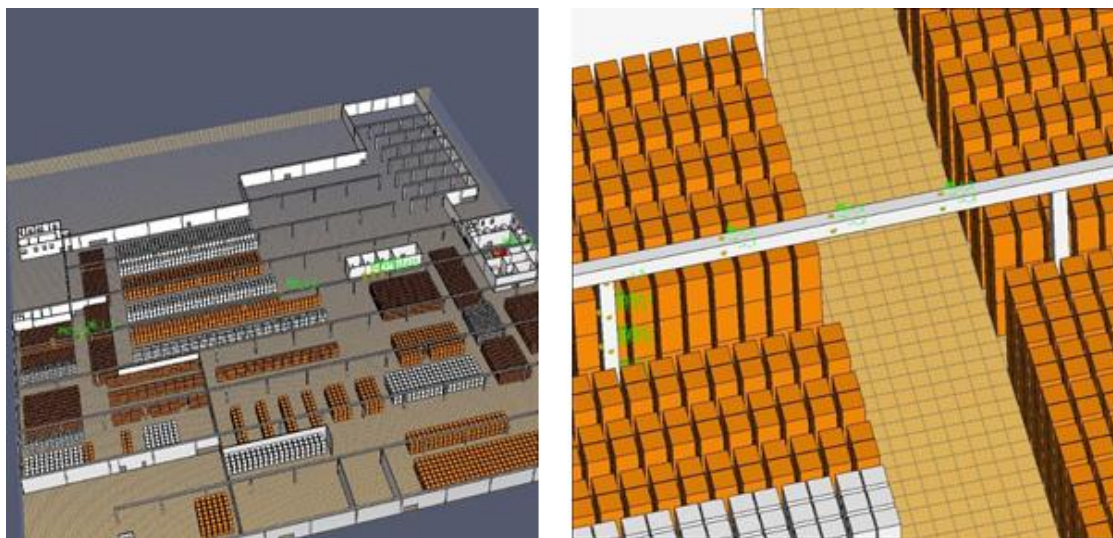


Figura 4.2 – Identificação dos dispositivos.

De modo a ser possível visualizar a variação de temperaturas na zona de toda a cobertura ao longo da simulação colocou-se um “slice” no eixo $z=5,40$ m.

Efetuada a análise da planta da fábrica fornecida em AutoCad, procedeu-se à criação de pontos em todas as paredes exteriores, paredes interiores, vãos, pilares e vigas de modo a tirar as coordenadas (x, y, z) dos pontos para transportar para o programa Pyrosim, onde são colocados um a um, num total de 850 pontos.

De forma a obter uma aproximação o mais fidedigna possível colocou-se os barris de várias dimensões e todo o material existente inflamável nas zonas de armazenamento e considerou-se uma taxa de libertação de calor por unidade de área (HRRPUA) de 1500.0 KW/m², com uma temperatura de ignição de 230° C.

Depois de toda a estrutura estar realizada, passou-se à fase de definir as propriedades dos materiais (paredes, pilares, vigas...), que foi facilmente executada através da biblioteca presente no programa, figura 4.3.

The screenshot shows a software interface for defining material properties. At the top, the 'Material ID' is set to 'CONCRETE' and the 'Description' is 'NBSIR 88-3752 - ATF NIST Multi-Floor Validation'. The 'Material Type' is set to 'Solid'. Below this, there are three tabs: 'Thermal Properties', 'Pyrolysis', and 'Advanced'. The 'Thermal Properties' tab is active, showing several input fields: 'Density' (2280.0 kg/m³), 'Specific Heat' (Constant, 1.04 kJ/(kg·K)), 'Conductivity' (Constant, 1.8 W/(m·K)), 'Emissivity' (0.9), and 'Absorption Coefficient' (5.0E4 1/m).

Figura 4.3 – Quadro da biblioteca do programa.

4.2.3. Cenários de incêndio

Designa-se por incêndio a ocorrência de um fogo não controlado. As suas causas podem ser de diversos tipos, sendo na grande maioria devidas a má utilização de equipamentos ou negligência.

De entre as causas possíveis para o início de um incêndio, as mais frequentes a nível industrial são:

- Aparelhos com anomalias elétricas; utilização de aparelhos que durante a sua normal utilização produzam chispas ou projeção de partículas incandescentes;
- Manipulação negligente de produtos químicos inflamáveis;
- Contacto acidental de substâncias químicas que, sendo inofensivas no seu estado elementar, podem formar substâncias instáveis quando combinadas com outras e induzir reações violentas de explosão ou combustões instantâneas.

O incêndio, desde que deflagra até à sua extinção, passa por várias fases distintas ao longo do seu desenvolvimento natural:

- Ignição, ou deflagração: fase inicial;
- Propagação: fase crescente;
- *Flashover*: fase de inflamação generalizada;
- Incêndio generalizado: fase de combustão contínua;
- Fase de declínio;

Os cenários de incêndio considerados foram, um incêndio numa zona de elevado armazenamento de material, e outro incêndio a deflagrar no laboratório.

4.2.3.1. Incêndio no armazém – Resultados

4.2.3.1.1. Evolução do incêndio (10s / 50s / 80s / 100s / 150s / 300s)

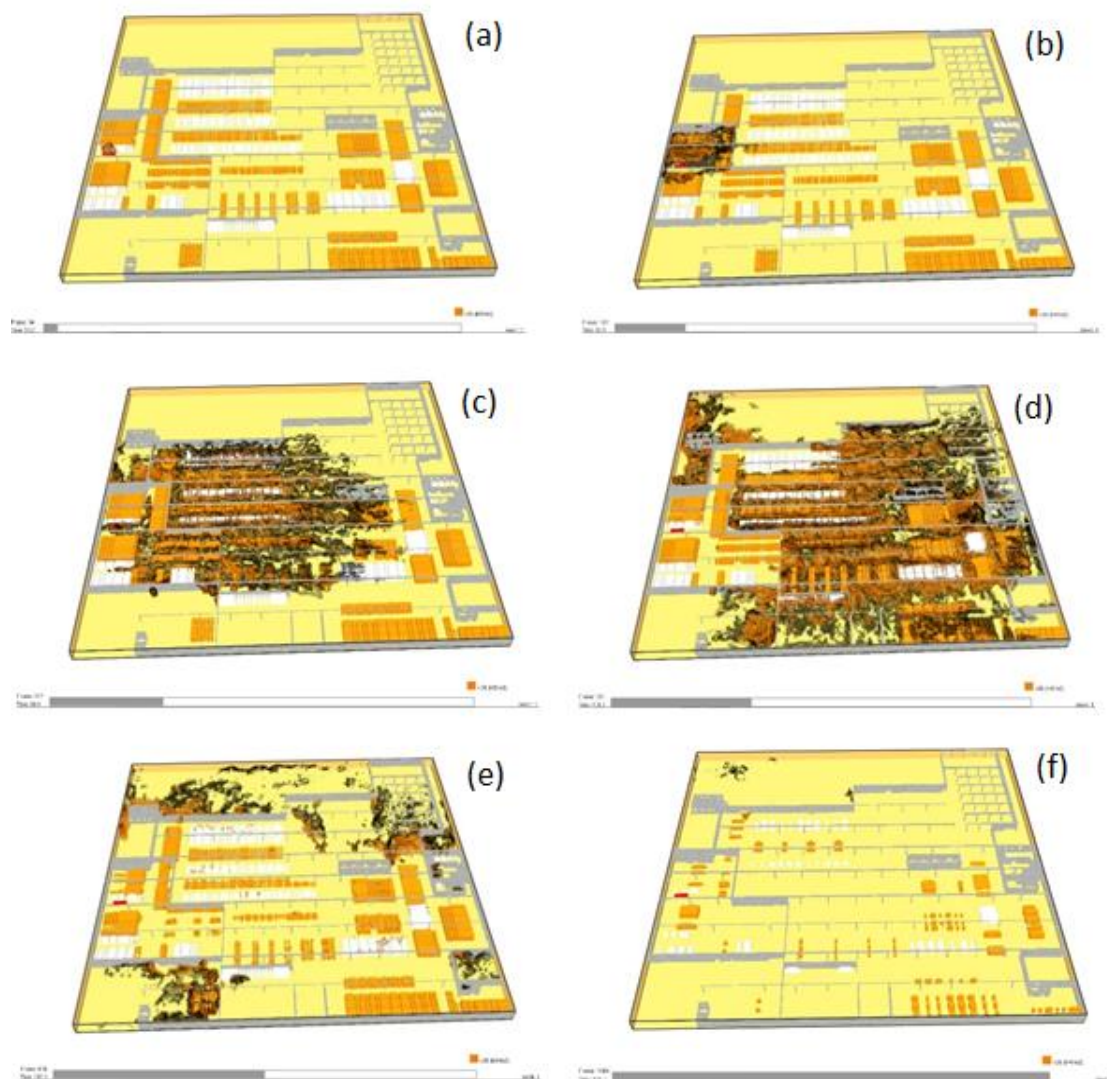


Figura 4.4 – Evolução do incêndio: (a) 10 segundos; (b) 50 segundos; (c) 80 segundos; (d) 100 segundos; (e) 150 segundos; (f) 300 segundos.

No primeiro cenário de incêndio conclui-se que a propagação do fogo é feita de forma muito rápida como se pode visualizar na figura 4.4. Verifica-se que aos 100 segundos de simulação toda a fábrica se encontra consumida pelas chamas.

4.2.3.1.2. Evolução do fumo (10s /50s /80s /100s /300s)

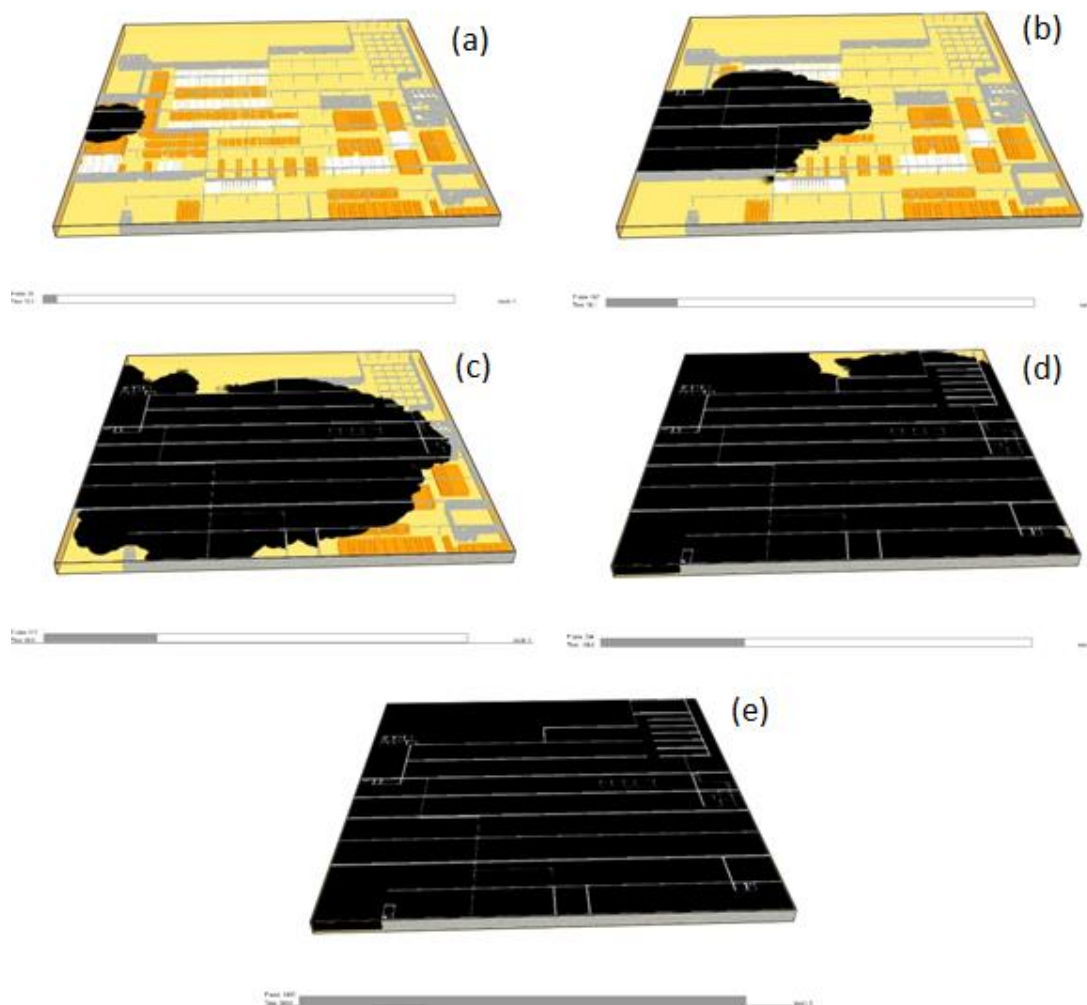


Figura 4.5 – Evolução do fumo: (a) 10 segundos; (b) 50 segundos; (c) 80 segundos; (d) 100 segundos; (e) 300 segundos.

Na análise de propagação de fumos, figura 4.5, verifica-se que a propagação é extremamente rápida e que aos 100 segundos de simulação toda a fábrica se encontra coberta de fumo.

4.2.3.1.3. Variação da temperatura na zona da cobertura (10s / 50s / 80s / 100s / 150s / 300s)

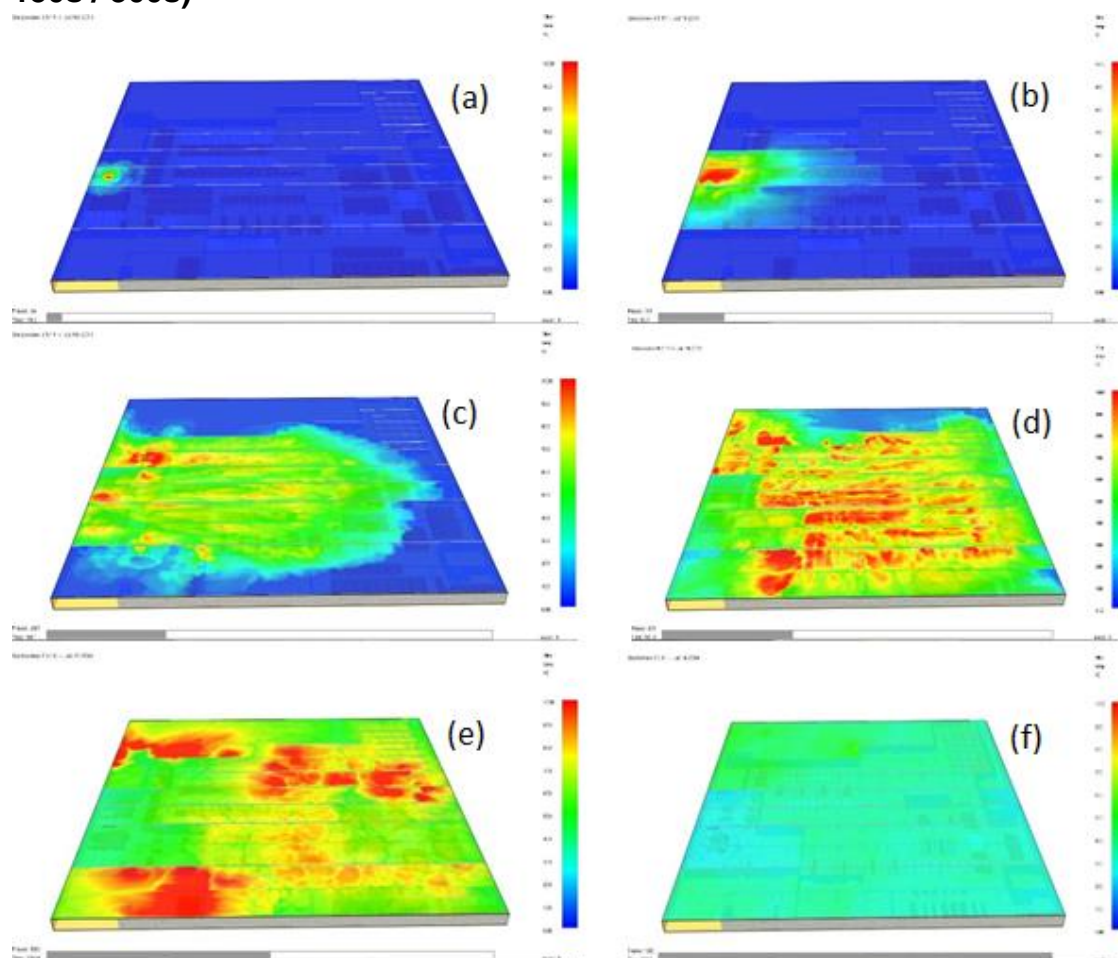


Figura 4.6 – Variação da temperatura na zona de cobertura: (a) 10 segundos; (b) 50 segundos; (c) 80 segundos; (d) 100 segundos; (e) 150 segundos; (f) 300 segundos.

Na figura 4.6 podemos verificar a evolução de temperaturas na zona da cobertura, onde se visualiza que as temperaturas atingem facilmente os 1000° C, praticamente por toda a área da fábrica. De notar que no fim da simulação a temperatura fica a rondar os 300° C.

4.2.3.1.4. Pilar 87 - Face 1

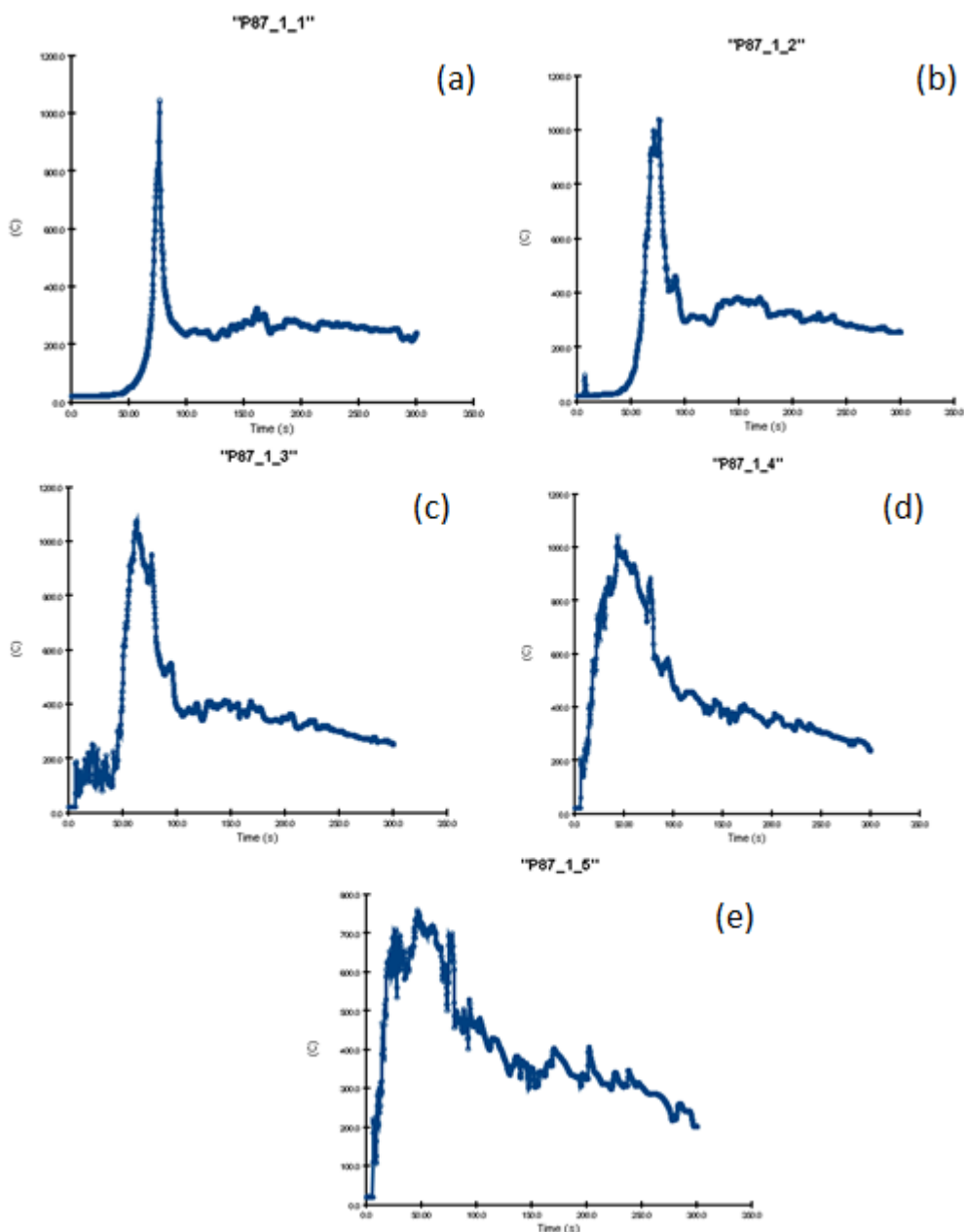


Figura 4.7 – Variação da temperatura no pilar 87 – Face 1.

Depois de visualizada a variação de temperaturas no pilar 87, figura 4.7, nota-se claramente que o pico de temperatura ocorre entre os 50 e 100 segundos, em qualquer altura do dispositivo. É uma situação já esperada pois o pilar 87 é o que se encontra mais próximo da deflagração de incêndio.

4.2.3.1.5. Pilar 87 – Face 4

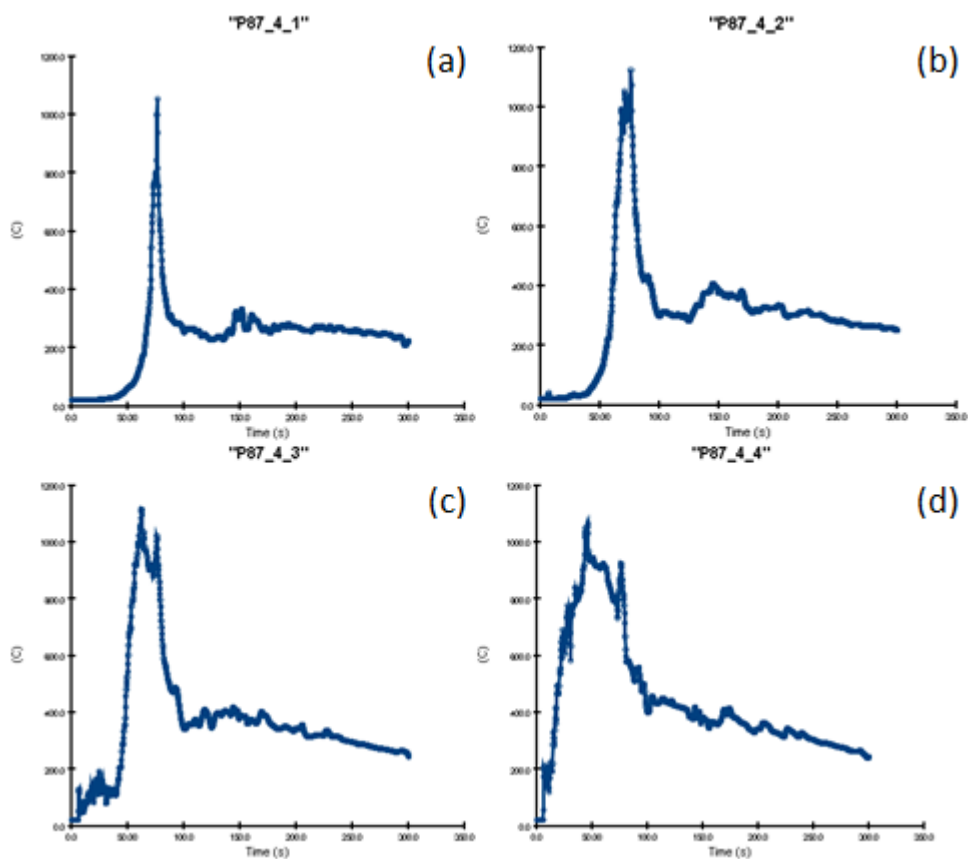


Figura 4.8 – Variação da temperatura no pilar 87 – Face 4.

Na figura 4.8 pode-se visualizar a variação de temperaturas na face posterior do pilar 87.

4.2.3.1.6. Pilar 93 – Face 1

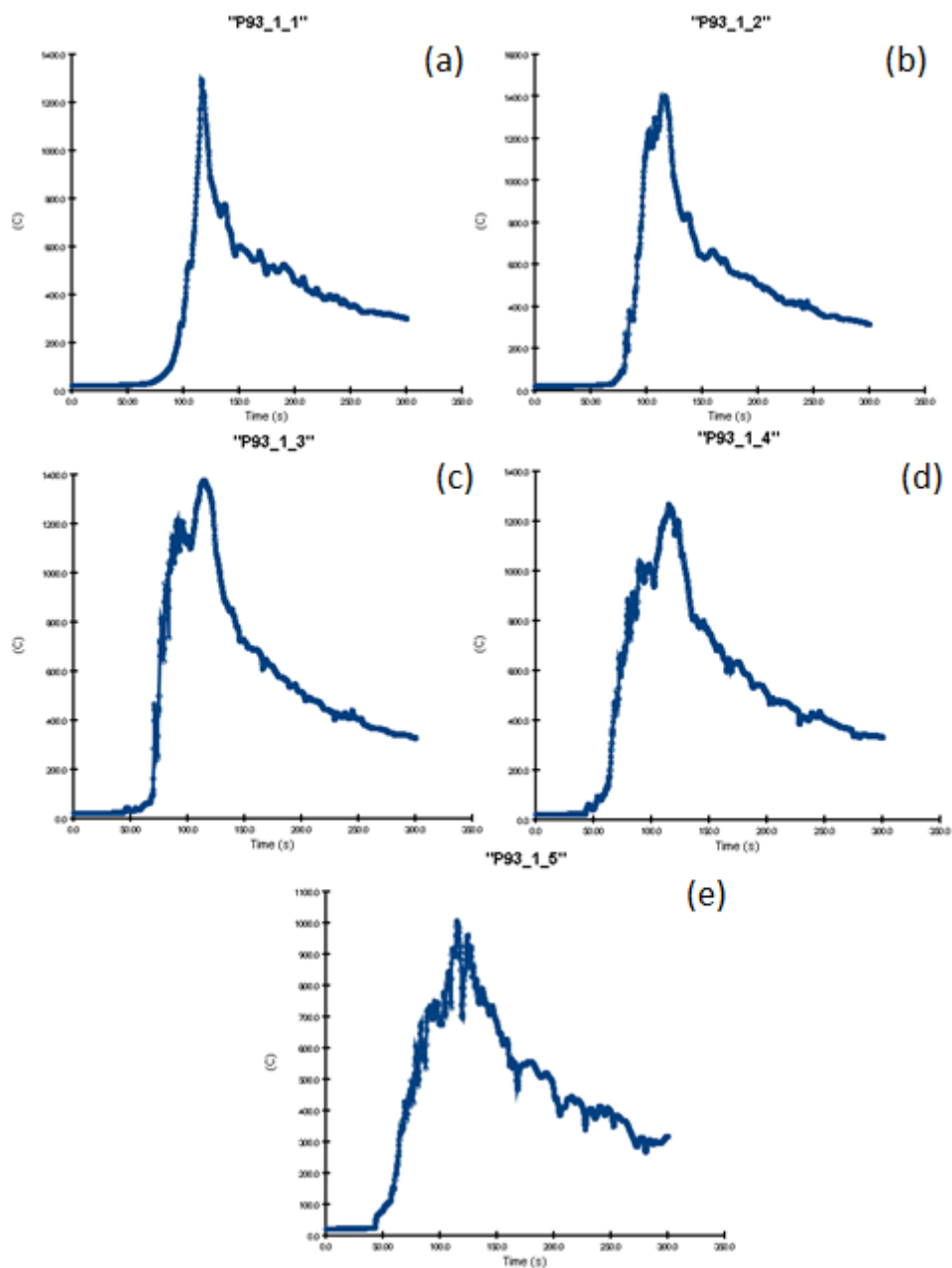


Figura 4.9 – Variação da temperatura no pilar 97 – Face 1.

Visualizada a figura 4.9, que indica a variação de temperaturas no pilar 93, que se situa numa zona a meio da fábrica, verifica-se que o pico de temperatura ocorre entre os 100 e os 150 segundos, em qualquer altura do dispositivo. É uma situação já esperada pois o pilar 87 é o que se encontra mais próximo da deflagração de incêndio.

4.2.3.1.7. Pilar 99 – Face 1

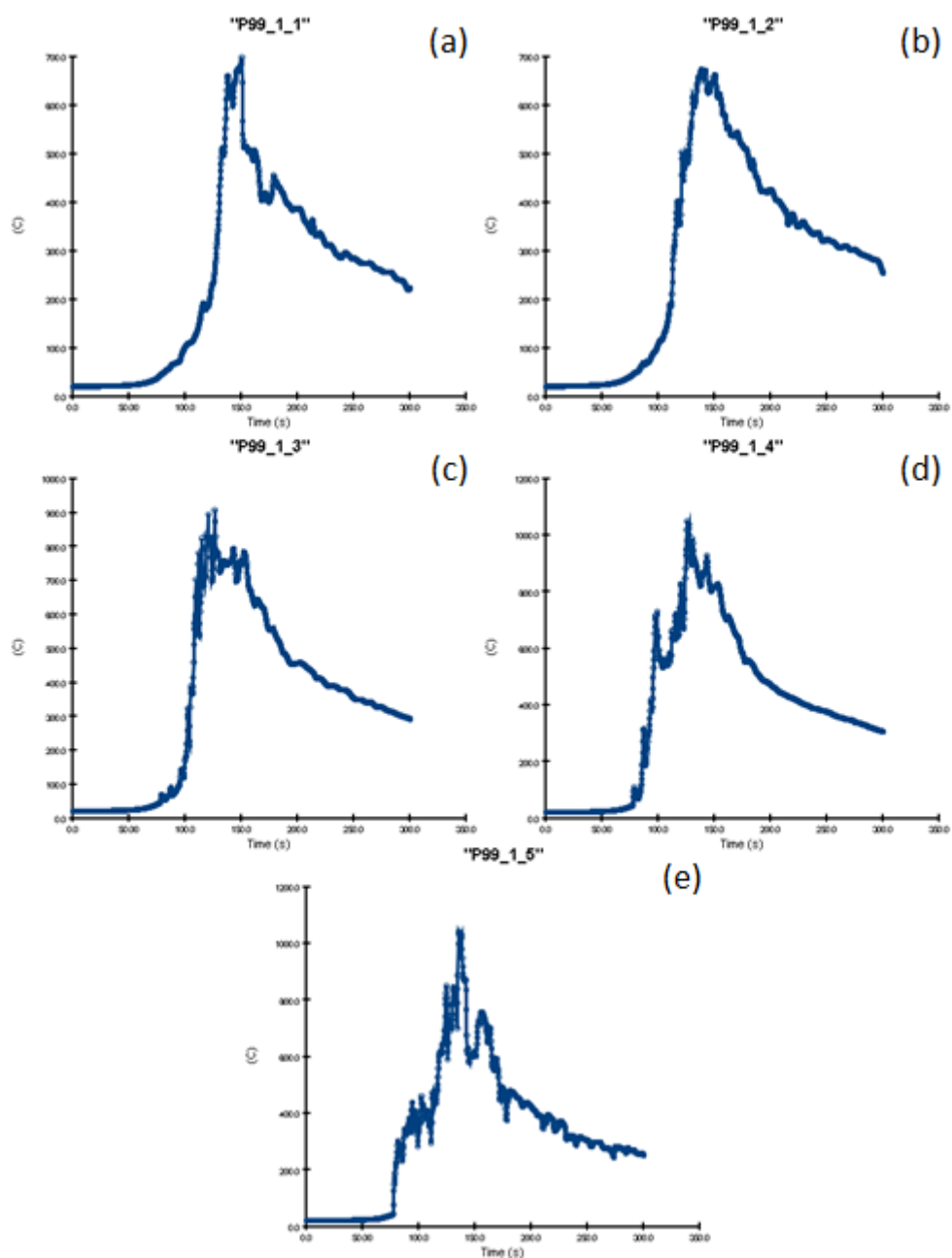


Figura 4.10 – Variação da temperatura no pilar 99 - Face 1.

4.2.3.1.8. Pilar 99 – Face 2

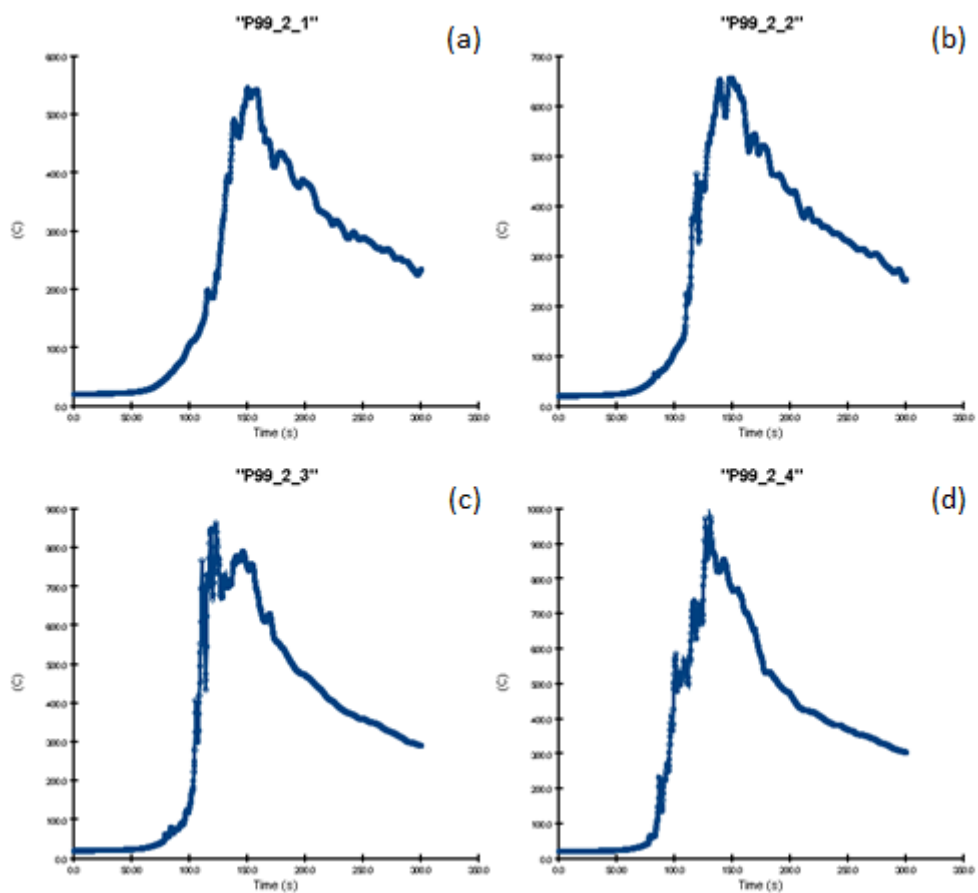


Figura 4.11 – Variação temperatura no pilar 99 - Face 2.

Na figura 4.11 pode-se visualizar a variação de temperaturas na face lateral do pilar 99.

4.2.3.1.9. Viga

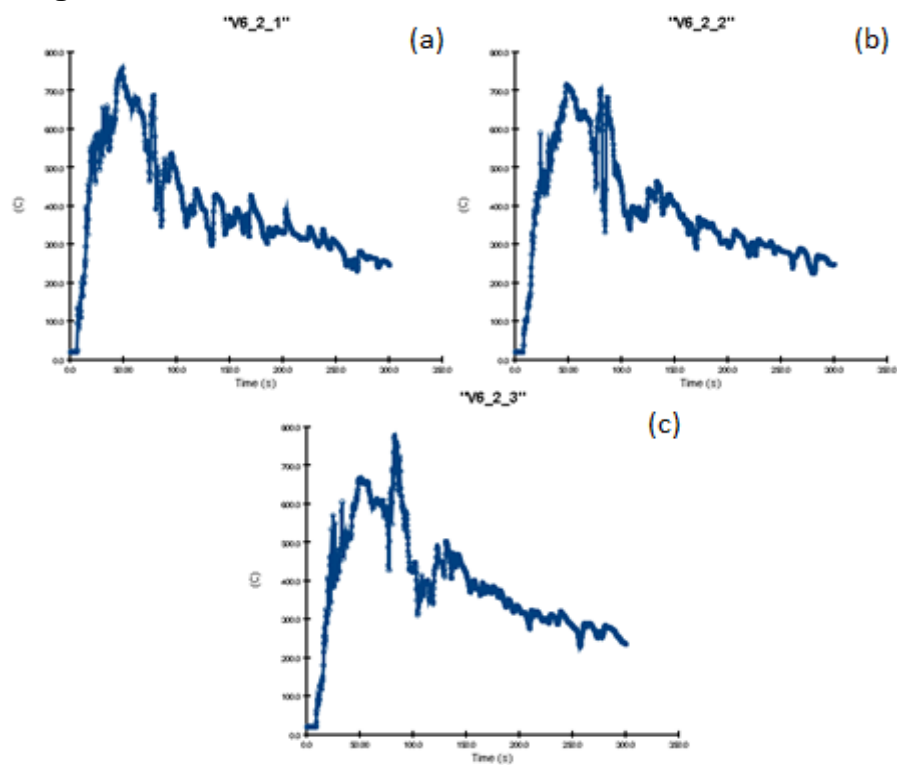


Figura 4.12 - Variação da temperatura na viga.

Através da figura 4.12 podemos verificar, como era esperado, que existe um acréscimo significativo de temperaturas em toda a extensão da viga, chegando a atingir os 800° C.

4.2.3.1.10. Viga Central

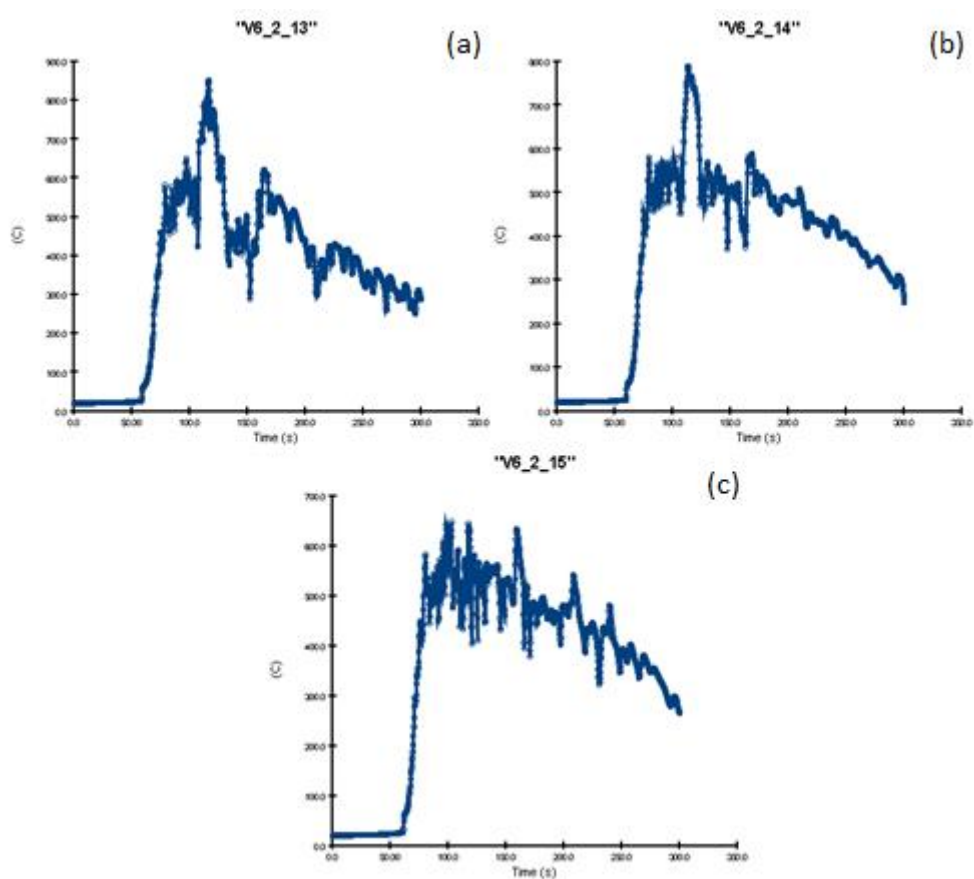


Figura 4.13 – Variação da temperatura na viga central.

Na figura 4.13 pode-se visualizar a variação de temperaturas na viga, na zona central da fábrica.

4.2.3.1.11. Diagramas de variação de temperatura

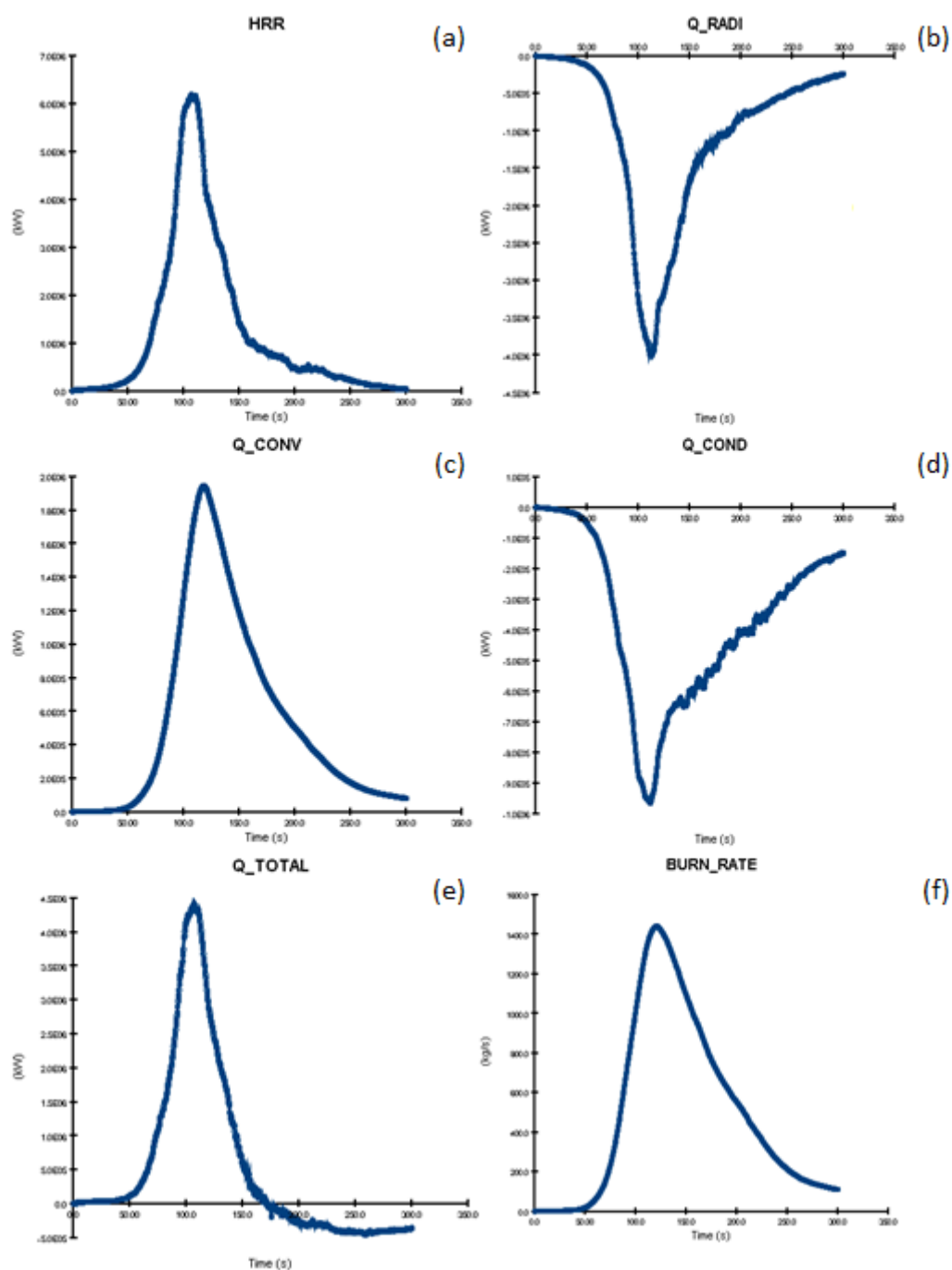


Figura 4.14 – Diagramas da variação da temperatura.

Efetuada a simulação, o programa fornece diversos gráficos de resultados entre eles o HRR (Heat Release Rate – Taxa de Libertação de calor), Q_RAD (Fluxo de calor por radiação), Q_CONV (Fluxo de calor por convecção), Q_COND (Fluxo de calor por condução), Q_TOTAL (Fluxo de calor total) e o Burn_Rate (Taxa de queima).

Pode-se visualizar que o pico de todos os gráficos ocorre por volta dos 100 segundos de simulação, momento esse em que a fábrica se encontra totalmente consumida pelas chamas.

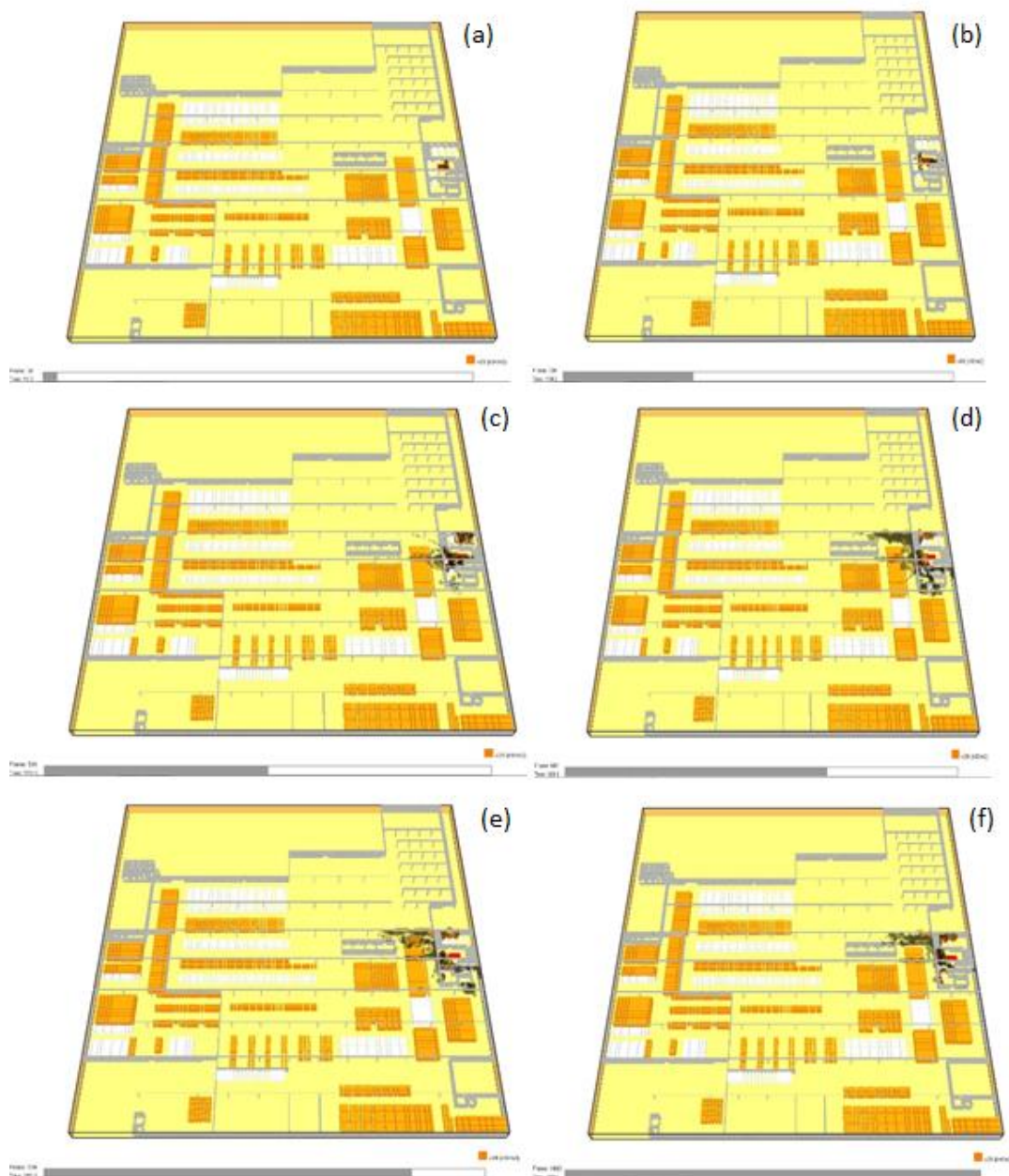
4.2.3.2. Incêndio no laboratório**4.2.3.2.1.1. Evolução do incêndio (10s / 100s / 150s / 200s / 250s / 300s)**

Figura 4.15 – Evolução do incêndio no laboratório: (a) 10 segundos; (b) 100 segundos; (c) 150 segundos; (d) 200 segundos; (e) 250 segundos; (f) 300 segundos.

Na figura 4.15 podemos verificar, que devido à proposta de melhoria de confinar o laboratório com paredes de betão, o incêndio durante toda a simulação não se propaga para além do mesmo.

4.2.3.2.2. Evolução do fumo (10s /100s /150s /200s /300s)

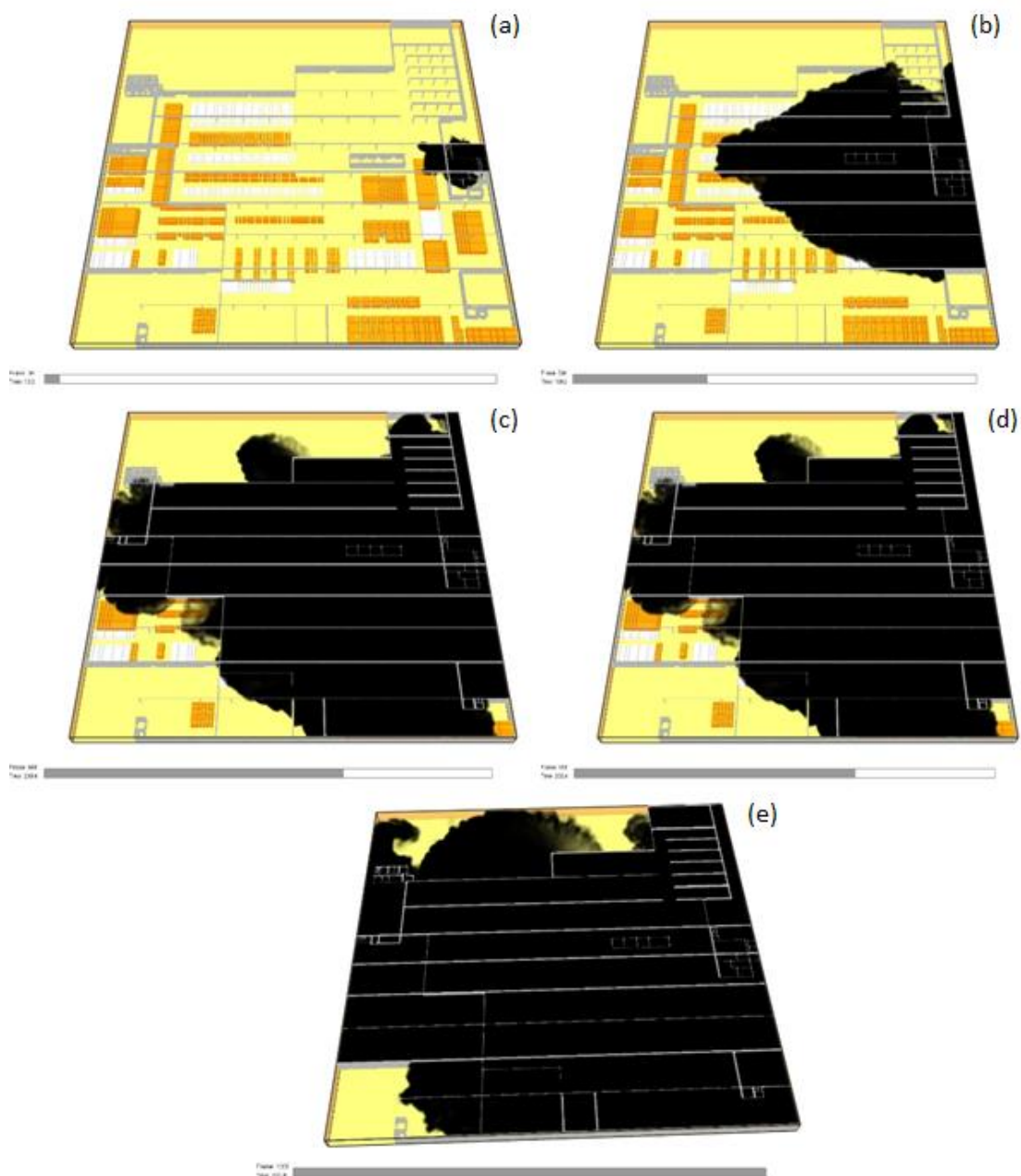


Figura 4.16 – Evolução do fumo no laboratório: (a) 10 segundos; (b) 100 segundos; (c) 150 segundos; (d) 200 segundos; (e) 250 segundos.

Na figura 4.16 podemos verificar que o fumo demora praticamente todo o tempo de simulação a propagar-se pela fábrica, o que reduz bastante em relação à simulação 1.

4.2.3.2.3. Variação da temperatura na zona da cobertura (20s / 100s / 200s / 300s)

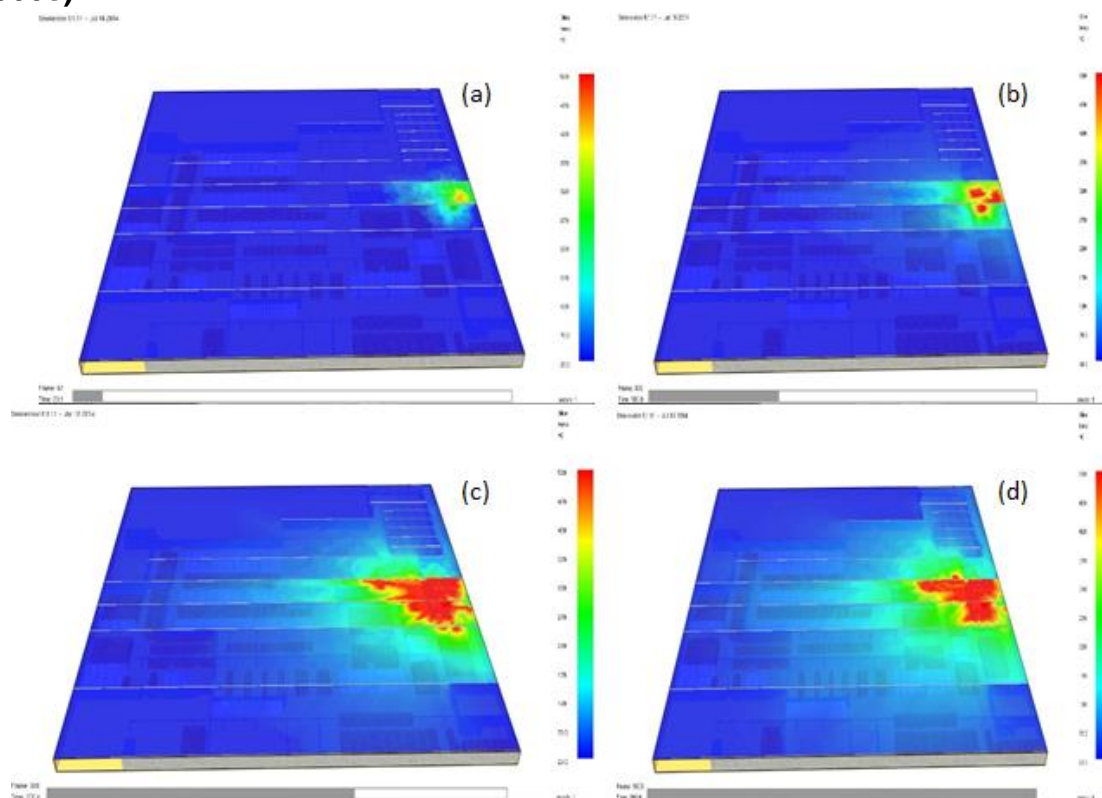


Figura 4.17 – Variação da temperatura na cobertura: (a) 20 segundos; (b) 100 segundos; (c) 200 segundos; (d) 300 segundos.

Verificando a variação de temperaturas na zona da cobertura, figura 4.17, pode-se notar que a temperatura máxima não excede os 520°C, e não passa da zona de ignição do incêndio.

4.2.3.2.4. Pilar 87 – Face 1

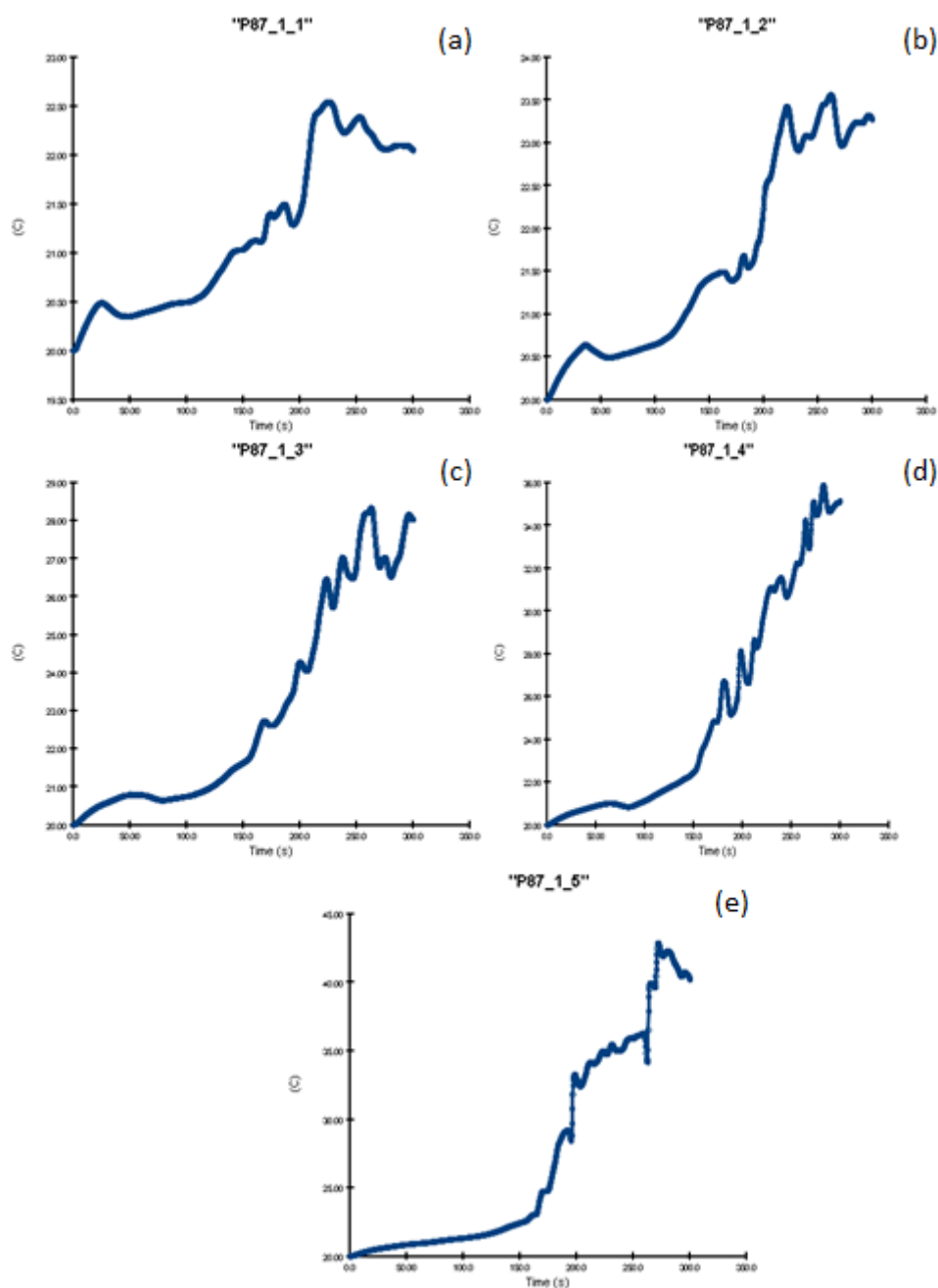


Figura 4.18 – Dispositivos no pilar 87 – Face 1.

Visualizando a figura 4.18 pode verificar-se que o pilar 87, que se encontra o lado oposto do laboratório, sofre apenas uma ligeira alteração na temperatura atingindo a temperatura máxima de 40° C. Considerando que no início da simulação a temperatura ambiente é de 20°C, esta zona da fábrica quase não sofre alterações.

4.2.3.2.5. Pilar 87 – Face 4

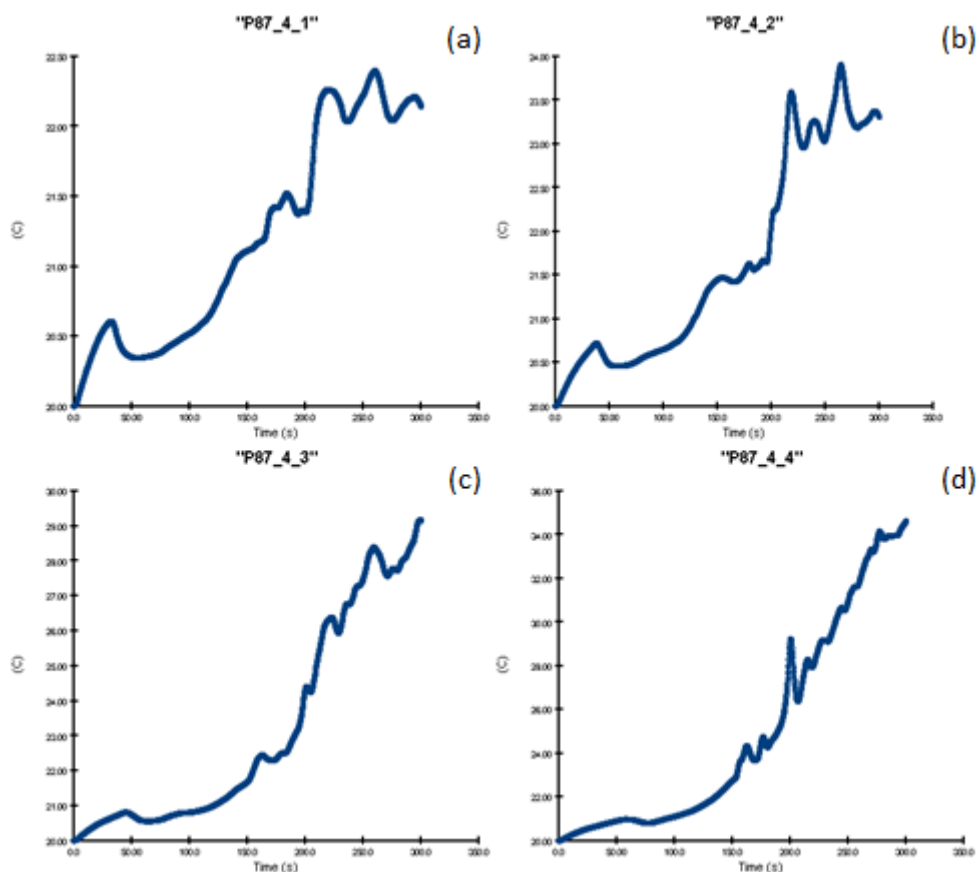


Figura 4.19 – Dispositivos no pilar 87 – Face 4.

Analisando a figura 4.19, que mostra a variação de temperatura na face lateral do pilar 87, concluímos também que a variação é pouco significativa.

4.2.3.2.6. Pilar 93 – Face 1

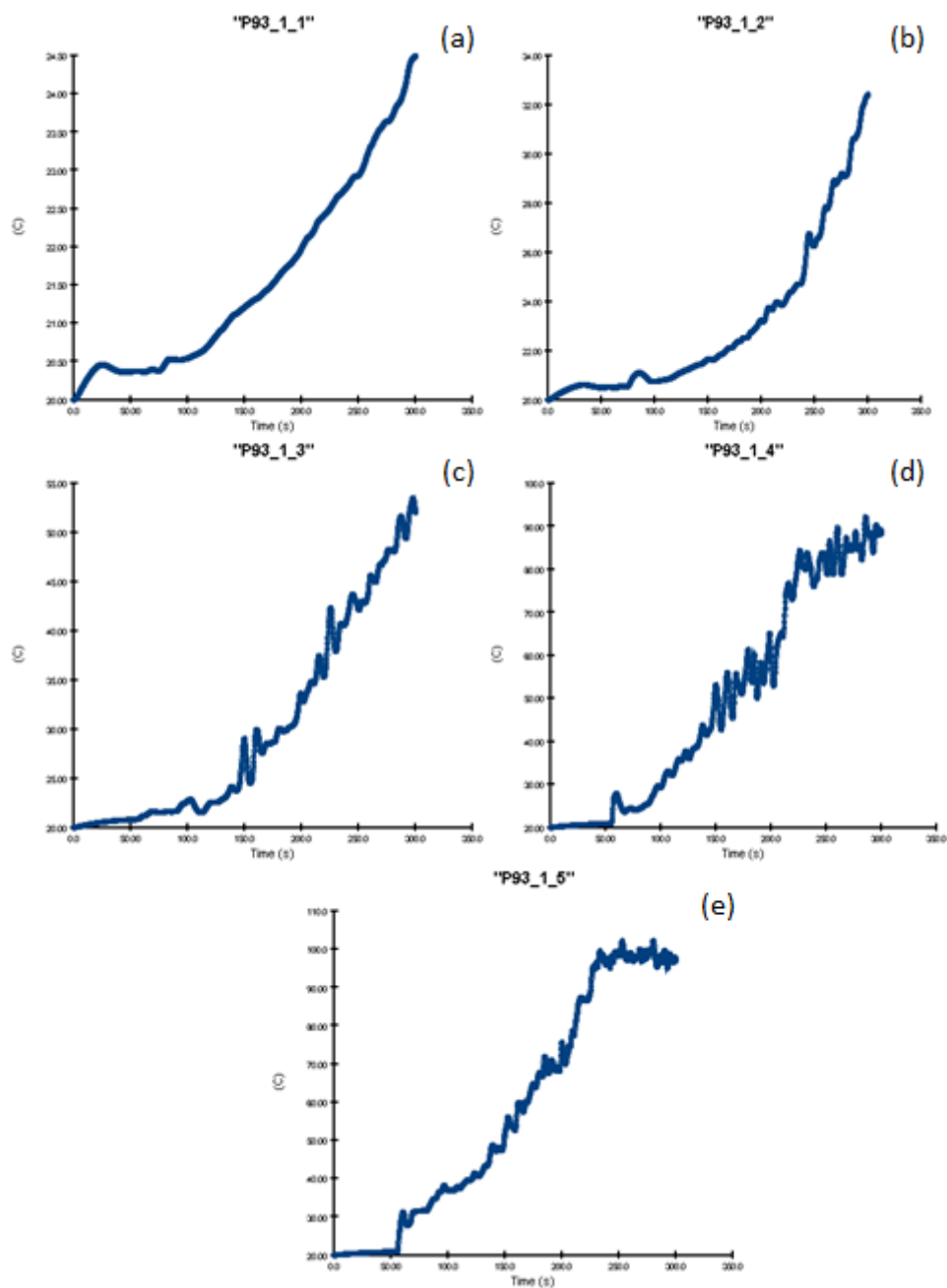


Figura 4.20 – Dispositivos no pilar 93 – Face 1.

No Pilar 93, podemos concluir através da figura 4.20, que a partir dos 250 segundos já se começa a notar alterações significativas, chegando a atingir os 100°C.

4.2.3.2.7. Pilar 99 – Face 1

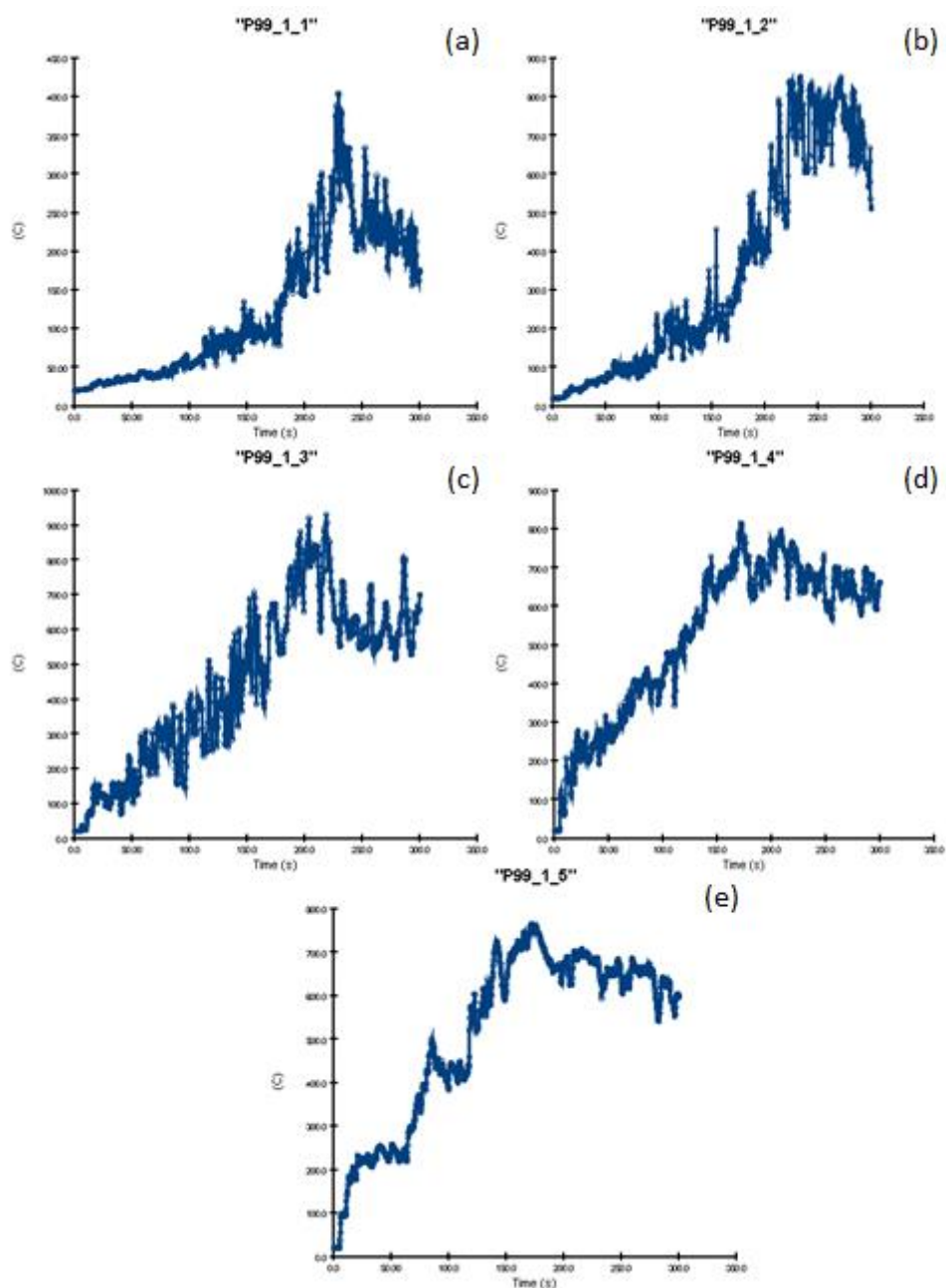


Figura 4.21 – Dispositivos no pilar 99 – Face 1.

O pilar 99, o mais importante de ser analisado nesta simulação por se encontrar dentro do laboratório, chega a atingir a temperatura de 900°C, como podemos ver na figura 4.21.

4.2.3.2.8. Pilar 99 – Face 2

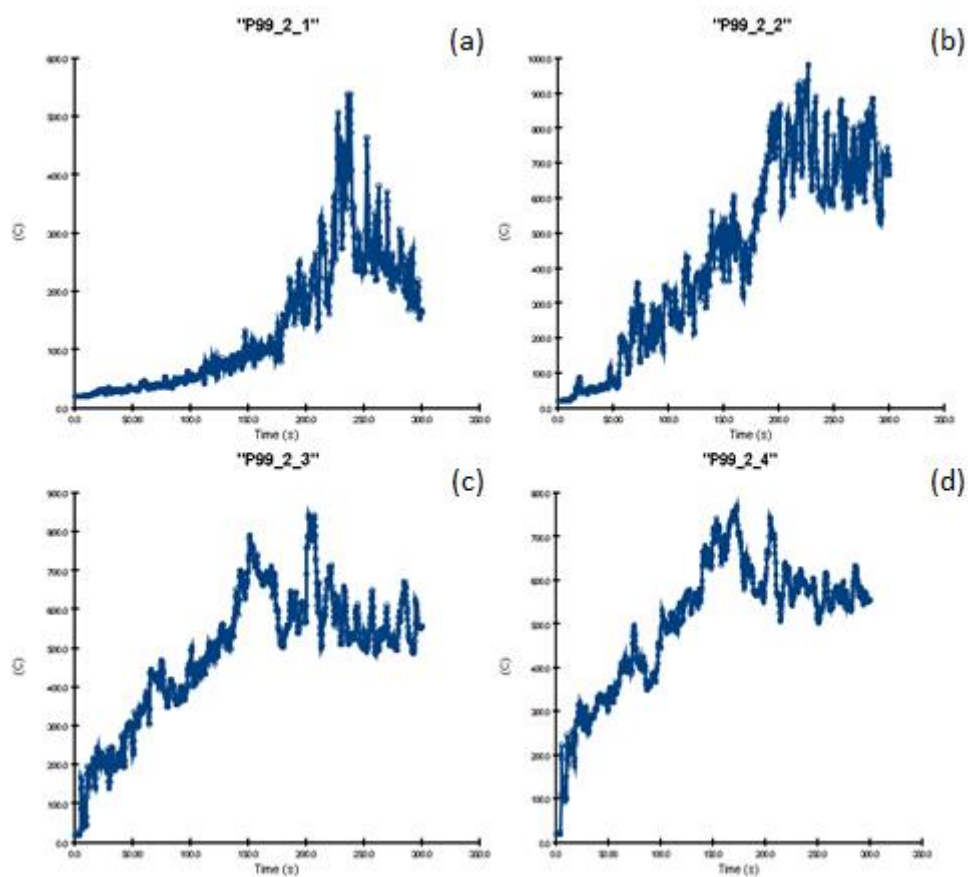


Figura 4.22 – Dispositivos no pilar 99 – Face 2.

Na figura 4.22 podemos ver a variação de temperaturas do pilar 99 na face lateral.

4.2.3.2.9. Viga

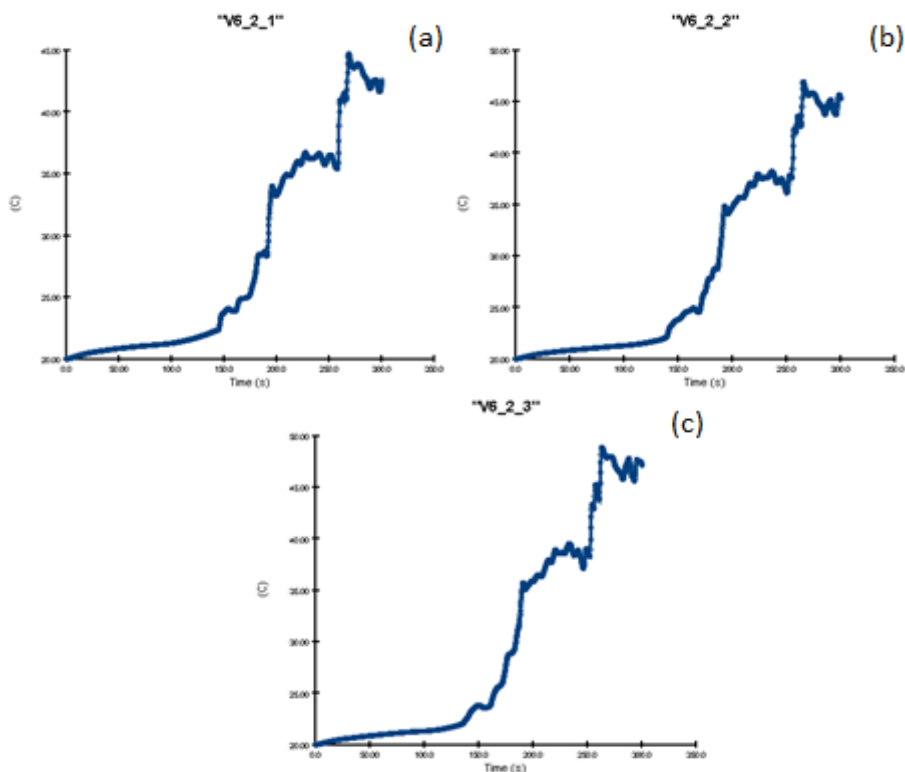


Figura 4.23 – Dispositivos na face da viga.

Através da figura 4.23 podemos verificar que existe um acréscimo pouco significativo de temperaturas na viga, na zona mais afastada do laboratório.

4.2.3.2.10. Viga central

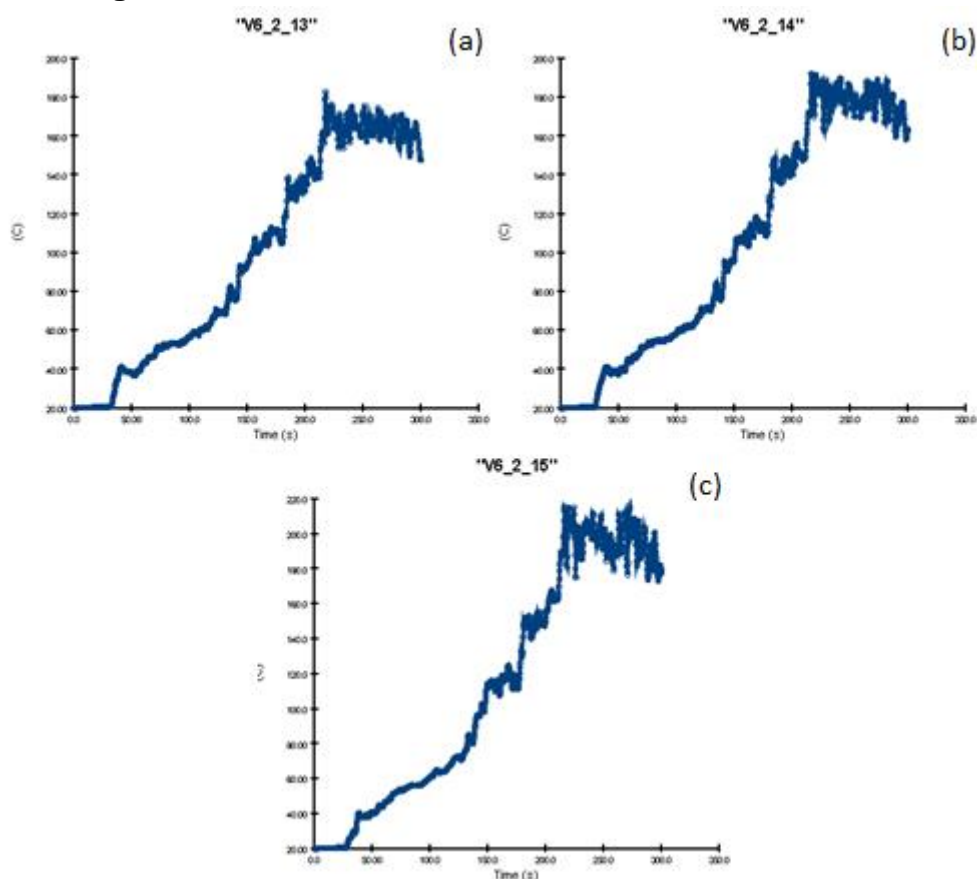


Figura 4.24 – Dispositivos na face da viga central.

Como era de prever podemos visualizar que na zona mais próxima do laboratório a viga é sujeita a temperaturas mais elevadas, chegando a atingir os 220°C, como se pode verificar na figura 4.24.

4.2.3.2.11. Diagramas de variação de temperatura

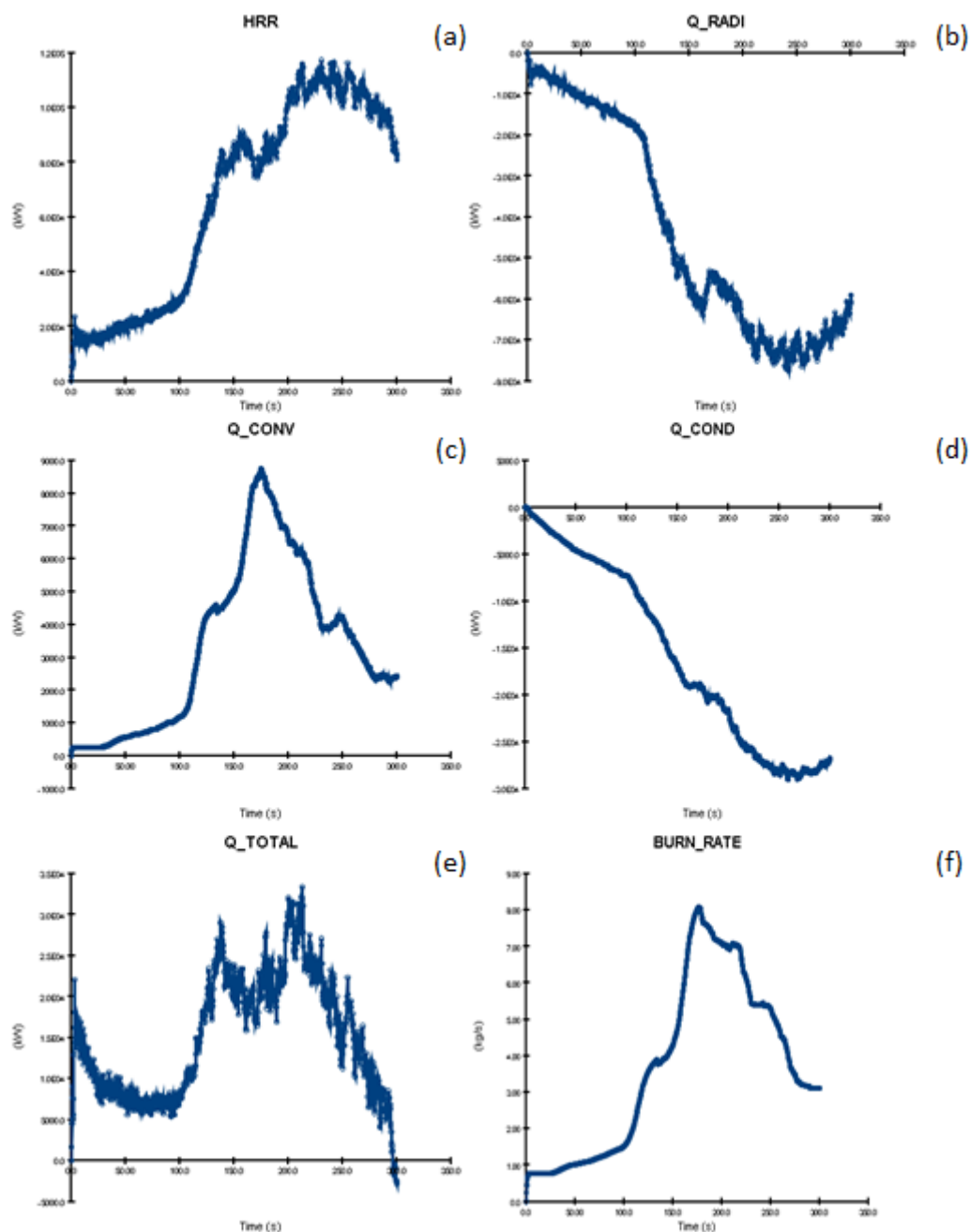


Figura 4.25 – Diagrama da variação de Temperatura.

Nos gráficos fornecidos pelo programa, podemos verificar que o pico em todos os gráficos ocorre entre os 200 segundos e os 250 segundos.

5. ANÁLISE DO EDIFÍCIO SEGUNDO O REGULAMENTO DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO

5.1. Introdução

A realização da análise ao edifício em estudo foi baseada em vários documentos constantes no regulamento de segurança contra incêndios, nomeadamente o regime jurídico de segurança contra incêndios em edifícios, regulamento técnico de segurança contra incêndios em edifícios e toda a legislação complementar.

Relativamente às medidas de segurança contra incêndios expressas no regulamento, têm como principais objetivos, limitar o risco de ocorrência e desenvolvimento de um incêndio, facilitar a evacuação das pessoas, favorecer a intervenção dos bombeiros e disponibilizar meios de extinção de incêndio.

Segundo Cruz (2009, p.5) diz-nos que importa “... promover uma melhor conceção dos edifícios, tornando-os mais seguros, desde a fase de projeto até à execução das obras de construção e à manutenção das condições de segurança durante toda a sua vida útil”.

5.2. Caracterização do edifício

Os edifícios e recintos são classificados de I a XII com uma utilização-tipo, segundo o regulamento de segurança contra incêndios. No caso do edifício em estudo enquadra-se na utilização-tipo XII «industriais, oficinas e armazéns» (alínea m) do ponto 1 do artigo 8º do Decreto-Lei n.º 220/2008 de 12 de Novembro).

No que diz respeito à sua natureza de risco, os edifícios e recintos são classificados de A a F mediante as atividades neles desenvolvidas. Estando o edifício em questão identificado como Local de risco C, dado que apresenta riscos agravados de eclosão e de desenvolvimento de incêndio devido, a atividades nele desenvolvidas, e às características dos produtos, materiais ou equipamentos existentes, designadamente à carga de incêndio (alínea c) do ponto 1 do artigo 10º do Decreto-Lei n.º 220/2008 de 12 de Novembro).

Quanto à categoria de risco, os edifícios industriais são classificados da 1ª à 4ª categoria de risco tendo em conta o número de pisos ocupados pela utilização-tipo abaixo do plano de referência e a carga de incêndio modificada (Quadro X do Anexo III do Decreto-Lei n.º 220/2008 de 12 de Novembro).

Os critérios técnicos para a determinação do cálculo da densidade de carga de incêndio modificada do Despacho n.º 2074/ 2009, preveem dois métodos, o método de cálculo determinístico e o método de cálculo probabilístico.

A utilização do método de cálculo determinístico requer o conhecimento prévio da quantidade e qualidade dos materiais existentes no compartimento em causa, enquanto o método de cálculo probabilístico é baseado em resultados estatísticos do tipo de atividade exercida.

Face à dificuldade de quantificar os materiais existentes na utilização-tipo em estudo, optou-se pela utilização do método de cálculo probabilístico.

No cálculo da densidade de carga de incêndio modificada de cada compartimento corta-fogo, excetuando o armazenamento, utilizou-se a seguinte fórmula (alínea a) do ponto 2 do n.º 3 do Despacho n.º 2074/ 2009):

$$q_s = \frac{\sum_{i=1}^{N_a} q_{si} S_i C_i R_{ai}}{S} \text{ (MJ/m}^2\text{)} \quad (5.1)$$

Em que:

q_{si} – densidade de carga de incêndio relativa ao tipo de atividade (i), em MJ/m², calculada nos termos do n.º 7º do Despacho n.º 2074/ 2009

S_i – área afeta à zona de armazenamento (i), em m²

C_i – coeficiente adimensional de combustibilidade do constituinte combustível de maior risco de combustibilidade presente na zona de atividade (i), calculado nos termos do n.º 6º do Despacho n.º 2074/ 2009

R_{ai} – coeficiente adimensional de ativação do constituinte combustível (i), calculado nos termos do n.º 7º do Despacho n.º 2074/ 2009, em função do tipo de atividade da zona (i)

N_a – número de zonas de atividades distintas

S – área útil do compartimento, em m²

A densidade de carga de incêndio modificada para atividade de armazenamento foi calculada utilizando a seguinte fórmula (alínea b) do ponto 2 do n.º 3 do Despacho n.º 2074/ 2009):

$$q_s = \frac{\sum_{i=1}^{N_{ar}} q_{vi} h_i S_i C_i R_{ai}}{S} \text{ (MJ/m}^2\text{)} \quad (5.2)$$

Em que:

q_{vi} – densidade de carga de incêndio por unidade de volume relativa à zona de armazenamento (i), em MJ/m³, calculada nos termos do n.º 7º do Despacho n.º 2074/ 2009

h_i – altura de armazenagem da zona de armazenamento (i), em m

S_i – área afeta à zona de armazenamento (i), em m^2

C_i – coeficiente adimensional de combustibilidade relativo ao constituinte combustível armazenado na zona de atividade (i), calculado nos termos do n.º 6º do Despacho n.º 2074/2009

R_{ai} – coeficiente adimensional de ativação do constituinte combustível armazenado na zona (i), calculado nos termos do n.º 7º do Despacho n.º 2074/2009, em função do tipo de atividade da zona (i)

N_{ar} – número de zonas de armazenamento distintas

S – área útil do compartimento, em m^2

A adoção do valor do coeficiente adimensional de combustibilidade (C_i), foi realizada após análise de alguns parâmetros das fichas dados de segurança dos produtos fabricados/armazenados na UT em estudo (Anexo A).

Abaixo, encontra-se o quadro com os cálculos efetuados para a determinação da carga de incêndio modificada para o caso em estudo. A utilização-tipo é utilizada em simultâneo como linha de produção e armazenamento do produto final.

Para efeito de cálculo, é designada como Zona A, o compartimento reservado ao enchimento de petróleos, Zona B, o armazém de acabados/ expedição, Zona C, fábrica de óleos e de massas lubrificantes/ armazenamento e Zona D, o laboratório.

Tabela 5.1 – Cálculo da densidade de carga de incêndio modificada de cada compartimento corta-fogo.

Cálculo da densidade de carga de incêndio modificada de cada compartimento corta-fogo (Despacho n.º 2074/2009)								
Localização	Atividade	Fabricação e reparação	Armazenamento	h_i (m)	S_i (m^2)	S (m^2)	C_i	R_{ai}
		q_{si} (MJ/m^2)	q_{vi} (MJ/m^3)					
Cave	Produtos químicos combustíveis	-	1000	1,00	605,00	1.100,00	1,30	3,0
$q_s = 2.145 \text{ MJ/m}^2$								
R/C – Zona A	Produtos químicos combustíveis	300	-	-	437,50	875,00	1,30	3,0
$q_s = 585 \text{ MJ/m}^2$								

Cálculo da densidade de carga de incêndio modificada de cada compartimento corta-fogo (Despacho n.º 2074/ 2009)								
Localização	Atividade	Fabricação e reparação	Armazenamento	h _i (m)	S _i (m ²)	S (m ²)	C _i	R _{ai}
		q _{si} (MJ/m ²)	q _{vi} (MJ/m ³)					
R/C – Zona B	Produtos químicos combustíveis	-	1000	4,50	2.065,50	2.430,00	1,30	3,0
q _s = 14.918 MJ/m ²								
R/C – Zona C	Produtos químicos combustíveis	-	1000	4,50	10.668,75	16.340,00	1,30	3,0
q _s = 11.459 MJ/m ²								
R/C – Zona D	Produtos químicos combustíveis	-	1000	1,00	200,00	400,00	1,30	3,0
q _s = 1.755 MJ/m ²								
1º Andar	Produtos químicos combustíveis	-	1000	1,00	475,75	865,00	1,30	3,0
q _s = 1.931 MJ/m ²								

No cálculo da densidade de carga de incêndio modificada da totalidade da utilização-tipo, utilizou-se a seguinte fórmula do n.º 4º do Despacho n.º 2074/ 2009):

$$q = \frac{\sum_{k=1}^N q_{sk} S_k}{\sum_{k=1}^N S_k} \text{ (MJ/m}^2\text{)} \quad (5.3)$$

Em que:

q_{sk} – densidade de carga de incêndio modificada), em MJ/m², de cada compartimento corta-fogo (k), calculada nos termos do n.º 3º do Despacho n.º 2074/ 2009

S_k – área útil de cada compartimento corta-fogo (k), em m²

N – número de compartimentos corta-fogo

Tabela 5.2 – Cálculo da densidade de carga de incêndio modificada da totalidade de utilização-tipo.

Cálculo da densidade de carga de incêndio modificada da totalidade da utilização tipo (Despacho n.º 2074/ 2009)		
q = 10.817 MJ/m ²		

Após a realização do cálculo da densidade de carga de incêndio modificada da totalidade da utilização-tipo (q), podemos concluir que o edifício em estudo se trata de um edifício da 3ª categoria de risco. ($q \leq 15.000 \text{ MJ/m}^2$.)

5.3. Verificação segundo o Regulamento de Segurança Contra Incêndio

No cumprimento da regulamentação vigente, são adotadas/ implementadas medidas de segurança contra incêndios que visam reduzir os riscos de eclosão de incêndio, evitar a sua propagação e por último, favorecer a sua extinção.

Quanto à proteção contra incêndios, esta incide em duas vertentes de segurança complementares, a proteção ativa e a proteção passiva.

A proteção ativa contra incêndios, refere-se ao conjunto de medidas diretas de extinção do incêndio, ou seja, medidas de segurança que visam apagar um incêndio recorrendo a extintores, espumas, redes de sprinklers, iluminação de emergência, entre outras. Estas medidas devem ser complementadas por medidas de segurança preventivas, denominadas de proteção passiva contra incêndios, que visam melhorar o comportamento de materiais e elementos de construção face ao fogo, minimizando os efeitos destrutivos do fogo.

De forma a facilitar a análise ao caso de estudo, foi elaborado um quadro onde se encontram as principais disposições constantes do Regulamento Técnico de SCIE. O quadro abaixo apresentado refere-se exclusivamente às utilizações-tipo XII.

Tabela 5.3 – Principais disposições constantes do Regulamento Técnico de SCIE.

Principais disposições constantes do Regulamento Técnico de SCIE (Portaria n.º 1532/ 2008 de 29 de Dezembro)			
Sistemas de proteção ativa	Artigo(s) analisado(s)	Sistema de proteção passiva	Artigo(s) analisado(s)
Hidrantes exteriores	Artigo 12º	Limitações à propagação do incêndio pelo exterior	Artigo 7º a 10º e 300º
Portas resistentes ao fogo e dispositivos de fecho e retenção	Artigo 34º e 36º	Condições gerais de comportamento ao fogo, isolamento e proteção	Artigo 14º
Sinalização	Artigo 108º a 112º e Decreto-Lei n.º 141/ 95 de 14 de Junho, Lei n.º 113/ 99 de 3 de Agosto e Portaria 1456-A/ 95 de 11 de Dezembro	Resistência ao fogo de elementos estruturais e incorporados	Artigo 15º a 16º e Anexo II do Decreto-Lei nº 220/ 2008 de 12 de Novembro
Iluminação de emergência	Artigo 113º a 115º	Compartimentação geral de fogo	Artigo 17º a 19º, 301º a 302º e 303º

Principais disposições constantes do Regulamento Técnico de SCIE (Portaria n.º 1532/ 2008 de 29 de Dezembro)			
Sistemas de proteção ativa	Artigo(s) analisado(s)	Sistema de proteção passiva	Artigo(s) analisado(s)
Sistemas de detenção, alarme e alerta	Artigo 116º a 132º	Isolamento e proteção de locais de risco, vias de evacuação, canalizações e condutas	Artigo 20º a 33º
Controlo de fumo	Artigo 133º a 161º e 306º	Reação ao fogo	Artigo 38º a 49º e Anexo I do Decreto-Lei nº 220/ 2008 de 12 de Novembro
Extintores	Artigo 163º e 307º	Portas de emergência	Artigo 62º
Bocas de incêndio do tipo carretel	Artigo 164º a 167º	Dimensionamento das câmaras corta-fogo	Artigo 63º
Redes secas e húmidas	Artigo 168º a 171º	Condutas de evacuação de efluentes de combustão	Artigo 92º a 93º
Sistemas fixos de extinção automática de incêndios	Artigo 172º a 176º e 308º	Ventilação e condicionamento de ar	Artigo 94º a 100º
Sistemas de cortina de água, aplicáveis a fachadas cortina envidraçadas	Artigo 177º a 179º	Controlo de fumo	Artigo 133º a 161º e 306º
Sistemas automáticos de deteção de gás combustível	Artigo 184º a 185º	-	-

5.4. Meios de intervenção

Conforme previsto na regulamentação vigente, o edifício possui meios próprios de intervenção que permitem a atuação imediata sobre os focos de incêndio pelos seus ocupantes e facilitam aos bombeiros o lançamento rápido das operações de socorro.

No interior do edifício existem meios de primeira intervenção, tais como extintores portáteis e móveis, redes de incêndio armadas entre outros. No exterior do edifício existem meios de segunda intervenção, redes húmidas.

5.5. Condições gerais de autoproteção

Qualquer UT deve, no decorrer da sua utilização/exploração, ser dotada de medidas de organização e gestão de segurança, designadas por medidas de autoproteção.

As medidas de autoproteção e respetiva organização de segurança contra incêndio de cada utilização-tipo devem dar resposta aos riscos inerentes à sua atividade. No caso em estudo, dada a sua UT tem os seguintes objetivos:

- Garantir a todos os utilizadores da UT, o conhecimento antecipado dos perigos suscetíveis a originar situações de emergência, suas características e os respetivos meios de prevenção e proteção;
- Informar, através de formação e treino os utilizadores da UT (funcionários e/ou colaboradores), como deverão atuar face às situações de emergência;
- Organizar a evacuação dos ocupantes da UT;
- Limitar a propagação e as consequências do(s) incêndio(s);
- Minimizar, em caso de ocorrência de acidente grave, os danos humanos e materiais da UT, bem como os efeitos sobre as populações, o ambiente e áreas circunvizinhas e a sua coordenação com os meios de socorro externos à UT;
- Dar conhecimento, a partes externas interessadas dos perigos suscetíveis a originar situações de emergência, suas características e os respetivos meios de prevenção e proteção internos.

Para cada UT é designado um responsável pela segurança contra incêndio (RS), que durante os períodos de funcionamento da mesma deve assegurar a presença simultânea do número mínimo de elementos da equipa de segurança

As equipas de segurança são constituídas por funcionários, trabalhadores ou colaboradores da UT, sendo responsabilizados pelo RS relativamente ao cumprimento das atribuições que lhes foram atribuídas na organização de segurança estabelecida.

No quadro abaixo (Tabela 5.4 – Condições gerais de autoproteção para a utilização-tipo XII) são apresentadas as condições gerais de autoproteção:

Tabela 5.4 – Condições gerais de autoproteção para a utilização-tipo XII.

		Categoria de risco			
		1ª	2ª	3ª	4ª
Medidas de autoproteção exigíveis para a UT – XII	Registos de segurança [artigo 201º]	●	●	●	●
	Procedimentos de prevenção [artigo 202º]	●			
	Plano de prevenção [artigo 203º]		●	●	●
	Procedimentos em caso de emergência [artigo 204º]		●		
	Plano de emergência interno [artigo 205º]			●	●
	Ações de sensibilização e formação em SCIE [artigo 206º]		●	●	●
	Simulacros [artigo 207º]		●	●	●
Número mínimo de elementos da equipa (n.º de pessoas)		1	3	5	8
Periodicidade da realização de simulacros (em anos)			2	2	1



Legenda: ● – aplicável



5.6. Condições específicas da utilização-tipo XII

Na tabela 5.5, apresenta-se uma análise das condições específicas do edifício em estudo segundo a sua UT e categoria de risco, conforme o estabelecido pelo regulamento de segurança contra incêndio e as suas condições reais.

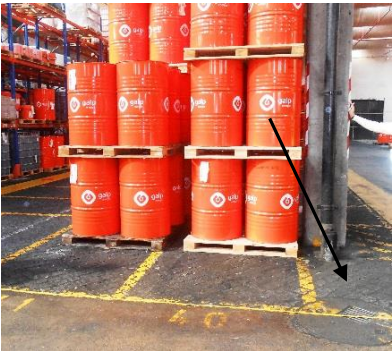
Tabela 5.5 – Condições específicas do edifício.

Condições específicas das utilizações-tipo XII «Industriais, oficinas e armazéns» Portaria n.º 1532/2008 de 29 de Dezembro		
Artigo	Análise do edifício segundo a sua UT	Condições reais do edifício
300.º - Limitações à propagação do incêndio pelo exterior	O edifício deve estar a uma distância mínima de 16 m dos outros edifícios. As paredes exteriores devem garantir, no mínimo, a classe de resistência ao fogo padrão EI 60 ou REI 60 e os vãos nelas praticados ser guarnecidos por elementos fixos E 30 quando confrontem com outros edifícios a uma distância inferior a 16 m. Sempre que a distância a outro edifício for inferior a 8 m, os valores da resistência ao fogo padrão das paredes exteriores devem passar a EI 90 ou REI 90 e os vãos nelas praticados devem ser protegidos por elementos E 45.	Foi observado <i>in situ</i> que o edifício se encontra a uma distância superior a 16 m dos restantes edifícios. As paredes exteriores (na sua maioria) constituídas por betão armado e chapa metálica, garantindo assim a resistência ao fogo padrão exigida pelo regulamento de segurança contra incêndio.
301.º - Isolamento entre utilizações-tipo distintas	Em regra, o edifício deve ser independente das restantes utilizações-tipo, contudo podem existir espaços afetos às utilizações-tipo I da 1ª categoria de risco, quando destinada a funcionários ou proprietários da utilização-tipo XII, sendo admissível a existência de comunicações interiores comuns entre estes espaços se forem protegidas por portas com resistência ao fogo padrão mínima E 60 C.	Conforme podemos observar na planta que se encontra em anexo, o edifício não possui espaços afetos à utilizações-tipo I.
302.º - Compartimentação corta-fogo	Tratando-se de um edifício do caso III, as áreas máximas de compartimentos corta-fogo devem ser: - Relativamente acima do plano de referência 2.400 m ² ; - Relativamente abaixo do plano de referência 800 m ² .	Conforme podemos observar na planta que se encontra em anexo, o edifício acima do plano de referência, possui áreas de compartimentos corta-fogo superiores a 2.400 m ² . Abaixo do plano de referência o compartimento corta-fogo, excede um pouco os 800 m ² .

Condições específicas das utilizações-tipo XII «Industriais, oficinas e armazéns»		
Portaria n.º 1532/2008 de 29 de Dezembro		
Artigo	Análise do edifício segundo a sua UT	Condições reais do edifício
303.º - Isolamento e proteção	Os locais do edifício reservados ao armazenamento de produtos líquidos combustíveis, devem ser providos de bacia de retenção, construída com materiais da classe de reação A1; possuir sistema de esgotos próprio e que proporcione a fácil remoção dos produtos derramados; devem ser separados do resto do edifício de que façam parte por paredes e pavimentos das classes de resistência ao fogo padrão EI ou REI 120 e portas EI 60 C, ou superiores.	Face à ausência de documentação, não foi possível realizar qualquer análise sobre este tema.
304.º - Caminhos horizontais de evacuação	<p>As distâncias máximas a percorrer entre qualquer ponto da UT-XII e a saída mais próxima para o exterior para uma via de evacuação protegida ou para um compartimento corta-fogo adjacente que permita aceder, direta ou indiretamente, ao exterior, medida segundo o eixo dos caminhos horizontais de evacuação, não deve exceder:</p> <p>- Ponto de impasse:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 25 m para a 1ª e 2ª categoria de risco; • 15 m para a 3ª e 4ª categoria de risco. <p>- Ponto com alternativa de fuga:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 80 m para a 1ª categoria de risco; • 60 m para a 2ª categoria de risco; • 40 m para a 3ª e 4ª categoria de risco. <p>Nos locais de armazenamento de líquidos combustíveis, a largura mínima das vias de circulação interiores deve ser de 1 UP ao longo de toda a envolvente e de 2 UP entre filas de empilhamento.</p> <p>Nota: Entende-se por «Unidade de passagem (UP)», unidade teórica utilizada na avaliação da largura necessária à passagem de pessoas no decurso da evacuação. A correspondência em unidades métricas, arredondada por defeito para o número inteiro mais próximo, é a seguinte:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 UP = 0,9 m; 2 UP = 1,4 m; N UP = N x 0,6 m (para N>2).. 	<p>Conforme podemos analisar na figura 5.1 e 5.2, o edifício cumpre as exigências do regulamento de segurança contra incêndio.</p>  <p>Figura 5.1 – Empilhamento de produtos combustíveis.</p>  <p>Figura 5.2 – Empilhamento de produtos combustíveis.</p>

Condições específicas das utilizações-tipo XII «Industriais, oficinas e armazéns» Portaria n.º 1532/2008 de 29 de Dezembro		
Artigo	Análise do edifício segundo a sua UT	Condições reais do edifício
305.º - Instalações técnicas	<p>O edifício deve ser dotado de sistemas de proteção contra a eletricidade estática; garantir, no mínimo, a qualidade antideflagrante de todo o equipamento elétrico e a qualidade anti explosivo EX para o equipamento e ferramentas de trabalho e materiais de revestimento, nomeadamente do pavimento; possuir ventilação adequada, a qual, nas zonas de utilização dos produtos, deve ser sempre por meios ativos, dimensionada de forma a evitar que os vapores libertos possam criar uma atmosfera suscetível de ocasionar um sinistro; quando for permitido o recurso a ventilação natural, observar nas respetivas aberturas de ventilação de entrada e saída de ar os valores mínimos de 0,5 m² por cada 150 m² de área em espaços de fabricação e 0,5 m² por cada 100 m² de área em espaços de armazenamento.</p>	<p>Dada a existência de zonas classificadas ATEX ou atmosfera explosiva EX (Figura 5.3), o edifício possui um sistema de proteção contra a eletricidade estática assim como ventilação natural (Figura 5.4).</p>  <p>Figura 5.3 – Zona de atmosfera explosiva</p>  <p>Figura 5.4 - Zona de armazenamento com ventilação natural</p>
306.º - Controlo de fumo	<p>Tratando-se de um edifício da 3ª categoria de risco e com uma área de armazenamento superior a 400 m², deve possuir um sistema de controlo de fumos.</p>	<p>Conforme podemos observar na planta que se encontra em anexo, o edifício possui um sistema com detetores óticos de fumo e um sistema detetor de fumo linear, mas não possui um sistema de controlo de fumos.</p>

Condições específicas das utilizações-tipo XII «Industriais, oficinas e armazéns» Portaria n.º 1532/2008 de 29 de Dezembro		
Artigo	Análise do edifício segundo a sua UT	Condições reais do edifício
307.º - Meios de intervenção	Nas zonas de armazenamento de combustíveis líquidos deve existir um extintor móvel de 50 kg de pó BC, ABC ou de outro agente extintor com eficácia equivalente por cada 1 000 l de líquidos adicionais, ou fração. Nos locais onde mais de 50% do volume de combustíveis líquidos estiver contido em recipientes metálicos estanques, a eficácia dos extintores pode ser do escalão imediatamente inferior ao mencionado anteriormente.	<p>Conforme podemos analisar na figura 5.3, o edifício cumpre parcialmente as exigências do regulamento de segurança contra incêndio.</p>  <p>Figura 5.5 – Extintor móvel de 50 kg de pó químico</p>
308.º - Sistemas fixos de extinção	Por se tratar de um edifício que armazena quantidades superiores a 750 l ou manuseadas quantidades superiores a 50 l de produtos combustíveis (derivados ou não do petróleo) deve possuir proteção adicional através de uma instalação fixa de extinção automática de incêndios por agentes extintor apropriado diferente da água, em proteção total ou local.	<p>Conforme podemos analisar na figura 5.4, o edifício apenas possui sistema fixo de extinção automática de água.</p>  <p>Figura 5.6 – Armazenamento de produtos combustíveis.</p>

Condições específicas das utilizações-tipo XII «Industriais, oficinas e armazéns» Portaria n.º 1532/2008 de 29 de Dezembro		
Artigo	Análise do edifício segundo a sua UT	Condições reais do edifício
309.º - Drenagem	O edifício deve possuir um sistema de drenagem, pois no seu interior contém uma área reservada à armazenagem de produtos químicos que em contacto com a água utilizada no combate a incêndios ou por ela arrastados, podem causar danos à saúde ou ao ambiente.	<p>Conforme podemos analisar na figura 5.5, o edifício cumpre as exigências do regulamento de segurança contra incêndio.</p>  <p>Figura 5.7 – Sistemas de drenagem da zona de armazenamento de produtos</p>

5.7. Propostas de melhoria ao edifício em estudo

O edifício em estudo trata-se de uma construção com mais de trinta anos, logo não foi projetado/ construído segundo o Regulamento de Segurança Contra Incêndio atualmente em vigor.

As zonas de produção e armazenamento deveriam ser isoladas do laboratório, pois é recorrente a utilização de fogo com gás canalizado para a realização de alguns ensaios.

Apesar de não ter sido detetada nenhuma obstrução nas portas corta-fogo, estas deveriam ter afixados pictogramas com sinal e inscrição: “Porta corta-fogo. Não colocar obstáculos que impeçam o fecho ”e providas de dispositivos de fecho que reconduzam automaticamente, por meios mecânicos, à posição fechada.

Segundo a legislação atual, o edifício deveria possuir mais compartimentos corta-fogo, ou seja alguns dos compartimentos corta-fogo possuem áreas superiores às previstas no artigo 302º da Portaria 1532/ 2008 de 29 de Dezembro.

Para o controlo de fumos, a instalação deveria possuir um de sistema de desenfumagem ativa nas zonas de armazenamento (extração de fumo por meios mecânicos e a admissão de ar por insuflação mecânica). Só foi verificado que o edifício apenas possuía um sistema de desenfumagem passiva (aberturas para admissão de ar e aberturas para libertação de fumo, ligadas diretamente ao exterior).

De forma a dar cumprimento ao exposto no artigo 308º da Portaria 1532/ 2008 de 29 de Dezembro, as zonas destinadas ao armazenamento de produtos combustíveis, deviam estar providas de sistema de extinção automática de incêndios por agente extintor apropriado diferente de água, em proteção total ou local. Como por exemplo, um sistema de extinção automática de incêndios com agente espumífero apropriado para combustíveis líquidos. Os meios de extinção com recurso a extintores móveis deveriam ser reforçados, pois os existentes na área de armazenamento de combustíveis líquidos são insuficientes.

6. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

6.1. Conclusões

Neste trabalho foram utilizadas duas metodologias distintas de avaliação da segurança contra incêndios em edifícios. Uma metodologia de análise quantitativa do risco de incêndio, pelos métodos de Gretener e FRAME e outra consistindo na modelação do incêndio utilizando software de CFD (Computational Fluid Dynamics). Os resultados obtidos com a metodologia tradicional revelaram que a Fábrica de Lubrificantes não se encontra em segurança em relação ao risco de incêndio. Tanto o método de Gretener como o método de FRAME mostraram esta evidência, o que justificou ainda mais a tentativa de analisar o edifício para cenários de incêndio, pela metodologia com recurso ao FDS (Fire Dynamic Simulator).

Os Métodos Gretener e FRAME revelaram a evidência que pode ser constatada pela inspeção no local, nomeadamente:

- Grande quantidade de produtos combustíveis armazenados em grande altura, resultando numa elevada densidade de carga de incêndio;
- Reduzido número de extintores portáteis, em relação à enorme área a proteger;
- Insuficiente número de Bocas de Incêndio Armadas;
- Utilização do agente extintor água que é inadequado para o combate do incêndio de produtos derivados de hidrocarbonetos;
- Insuficiente ou inexistente compartimentação corta-fogo, para fracionamento da carga de incêndio;
- Inexistência de sistema de desenfumagem, para permitir o abandono dos ocupantes em caso de sinistro.

O estudo de dois cenários de incêndio utilizando modelação tri-dimensional do incêndio no interior da Fábrica, mostrou exatamente que a inexistência de compartimentação e sistemas de desenfumagem forçada, provoca na situação de foco de incêndio numa zona de armazenamento uma deflagração e propagação completamente descontroladas das chamas e fumo, destruindo quase por completo todo o conteúdo da fábrica em cerca de 5 minutos. Um segundo cenário de incêndio, considerando a situação de ocorrência de um incêndio no laboratório, e adotando uma envolvente para as paredes do laboratório constituída por paredes de betão armado, mostra claramente que a adoção desta compartimentação corta-fogo, consegue conter de forma eficaz a grande maioria das chamas e fumos, confinados

ao perímetro do interior do laboratório. Efetivamente, a existência do laboratório no interior da fábrica é à priori um aspeto que apresenta por si só um risco acrescido de ocorrência do incêndio, uma vez que os ensaios que aí se realizam utilizam muitos deles chama viva e combustível gasoso como o gás propano. Efetivamente, e não obstante o fato de os métodos de ensaio estarem todos definidos segundo normas técnicas, e as normas de segurança serem rigorosamente cumpridas pelos técnicos do laboratório, o fato de este laboratório se encontrar localizado no interior de uma fábrica de produtos petrolíferos, altamente inflamáveis e com elevadíssima carga de incêndio, constitui por si só um fator de risco acrescido. Nesse sentido, a utilização de ferramentas como o FDS, que permite modelar tridimensionalmente a propagação do incêndio, pode ajudar a decidir sobre a Segurança ou Insegurança de um determinado edifício ou empreendimento.

A análise do edifício segundo o Regulamento de Segurança Contra Incêndio, revela que as deficiências/ fragilidades da instalação são exatamente as mesmas constatadas pelos métodos de Gretener e FRAME.

Esta tese pretende também ser um contributo para estudos de Engenharia de Segurança contra Incêndios de análise de segurança por métodos baseados no desempenho. A modelação do incêndio permite como foi mostrado avaliar campos de temperatura e determinar alturas de fumo, no interior do espaço modelado, em qualquer instante de tempo.

6.2. Trabalhos futuros

Relativamente ao edifício alvo do presente estudo, afigura-se de primordial importância uma verificação da estabilidade da estrutura do edifício, tendo em conta as elevadíssimas temperaturas que se vão verificar no interior da fábrica durante a ocorrência do incêndio. Seria interessante modelar a estrutura do edifício em 3D, num programa de análise estrutural para verificar se a estrutura entrará em colapso ou se pelo contrário consegue manter a sua integridade física durante o período de combustão da carga de incêndio existente no seu interior.

Outro aspeto também de extrema relevância seria verificar como se comportaria o edifício em termos de evolução de fumos, considerando um sistema de desenfumagem forçado.

Relativamente à análise de Segurança contra Incêndios segundo Regulamentação Prescritiva versus Segurança baseada no desempenho, seria interessante comparar as deficiências aqui referidas com as disposições impostas pela atual Legislação de Segurança

contra Incêndios pela Regulamentação em vigor em Portugal, e também uma análise de verificação das regras prescritas nas diretivas de segurança SEVESO.

Seria também importante estender o estudo sobre a Segurança contra Incêndio ao exterior, atendendo a que nas proximidades da fábrica existe um grande número de tanques de grande altura e grande volume de combustível armazenado, e sendo certo que um incêndio na fábrica de lubrificantes poderia provocar a sua propagação aos tanques vizinhos, e por efeito de dominó atingir todo o recinto da refinaria, com impactos ambiental, material e social completamente devastadores.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Regime Jurídico da Segurança contra Incêndios em Edifícios (RJSCIE) – Decreto-Lei nº.220/2008 de 12 de Novembro

Regime Técnico de Segurança contra Incêndios em Edifícios (RTSCIE) – Portaria nº1532/2008 de 29 de Dezembro

Regime Técnico de Segurança contra Incêndios em Edifícios (RTSCIE) – Despacho nº2074/2009 de 15 de Janeiro

Regime Técnico de Segurança contra Incêndios em Edifícios (RTSCIE) – Portaria nº64/2009 de 22 de Janeiro

Compilação Legislativa – Segurança contra incêndio em edifícios. Autoridade Nacional de Protecção Cívil. 1ª Edição, 2009

Ficha Técnica nº.3 – Extintor, Associação Portuguesa da Segurança Electrónica e de Protecção Incêndio (APSEI - Associação Portuguesa da Segurança Electrónica e de Protecção Incêndio)

Nota Técnica nº.7 – Hidrantes exteriores, Autoridade Nacional de Protecção Cívil

António Possidónio Roberto, Carlos Ferreira de Castro, Manual de Exploração de Segurança contra Incêndio em Edifícios (APSEI – Associação Portuguesa da Segurança Electrónica e de Protecção Incêndio)

Carlos Ferreira de Castro, José Ferreira Abrantes, Manual de Segurança Contra Incêndios, Escola Nacional de Bombeiros – Coleção Cadernos Temáticos nº.1

Ferreira, Álvaro. *Impacto da aplicação de uma regulamentação baseada no desempenho com uma de natureza prescritiva*. Tese de Mestrado. Universidade de Coimbra, Portugal






Macedo, Mário José de Magalhães. *Método de Gretener*. Verlag Dashöfer, Lisboa

FRAME 2008, Manual para o usuário, Erik de Smet, Offerlaan, Belgium

Dobernack IBMB October 2003, Fire Risk Assessment Methods

ANEXOS

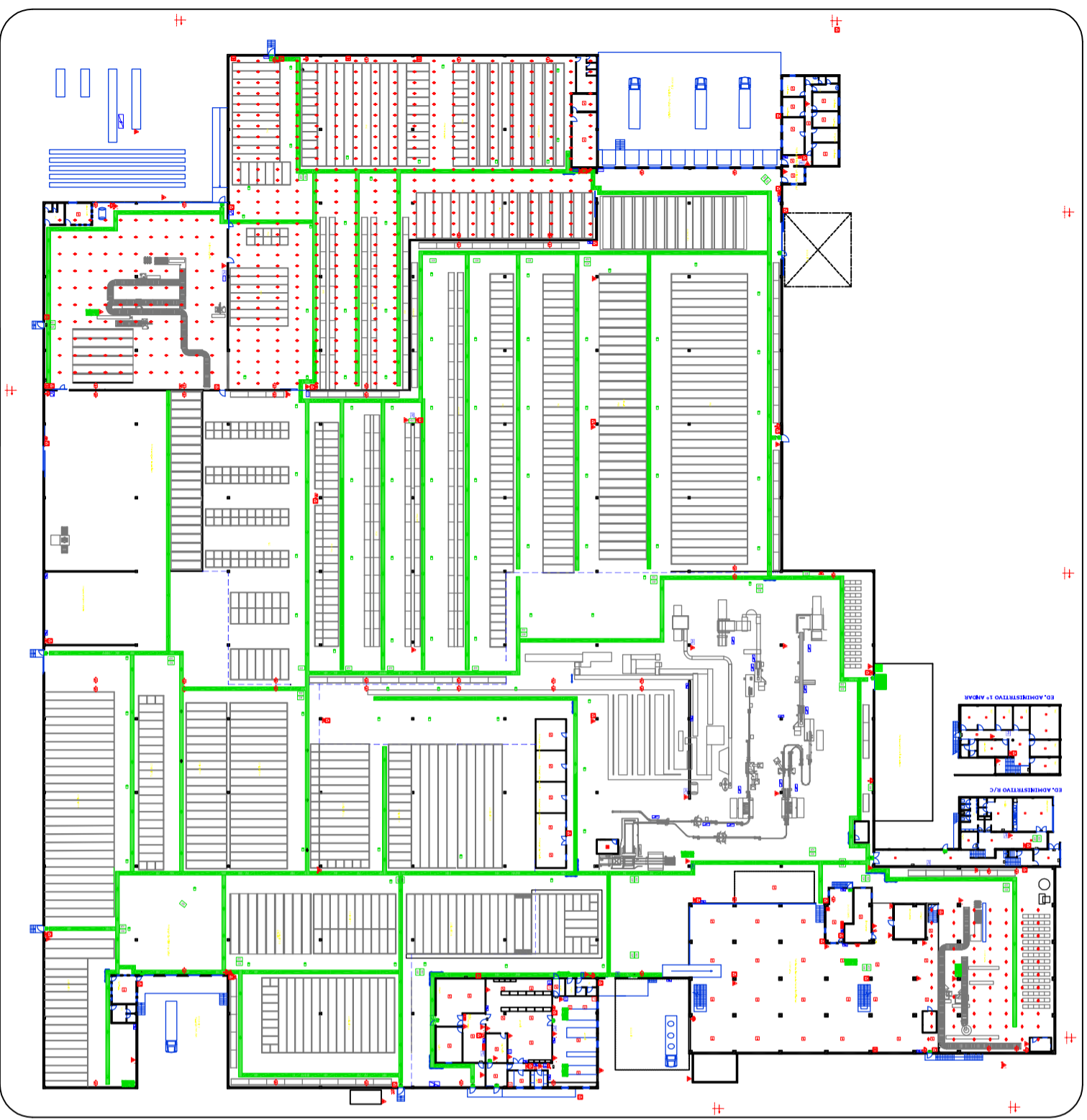
Anexo A – Recolha de informação das Fichas de Dados de Segurança dos produtos fabricados/ armazenados

Recolha de informação das Fichas de Dados de Segurança dos produtos fabricados/ armazenados				
Nome comercial do produto	Identificação do produto nas instalações	Ponto de inflamação (°C)	Temperatura de autoinflamação (°C)	Risco de explosão
GALP GALÁXIA LD		234	O produto não é inflamável.	O produto não apresenta risco de explosão.
GALP OCEANUS		84	Não disponível.	O produto não apresenta risco de explosão.
GALP TRANSOIL 80W		229	Não aplicável.	O produto não apresenta risco de explosão.
GALP FÓRMULA LONGLIFE III		230	Não determinado.	O produto não apresenta risco de explosão.
PETRÓLEO CARBORANTE		> 30	Não determinado Temperatura de autoinflamabilidade para a família: - dos querosenos: >220°C; - das naftas: 280 - 470°C.	Risco de formação de misturas explosivas ar/vapor.

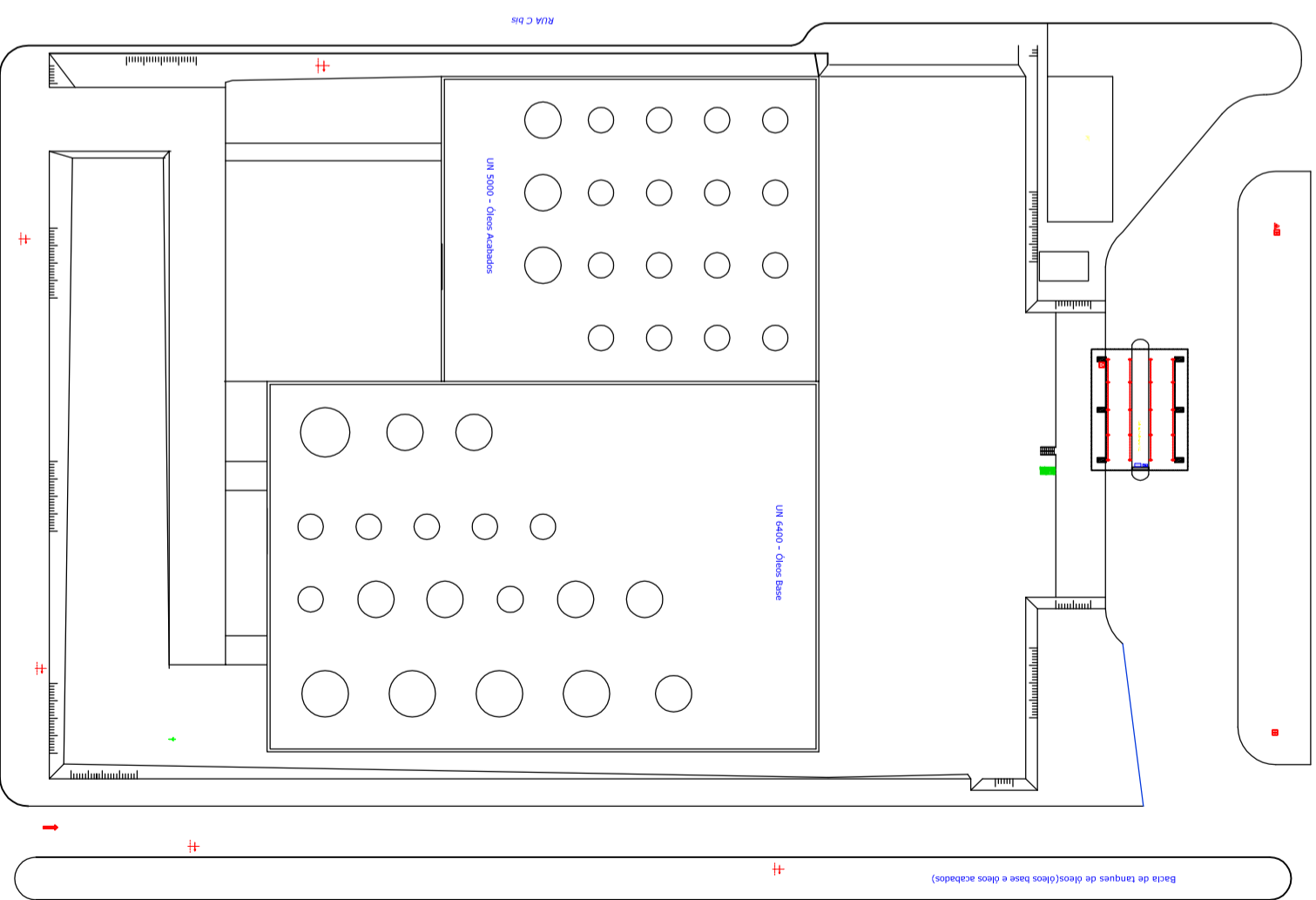
(Os produtos presentes nesta tabela representam apenas uma amostra de entre as centenas de produtos fabricados no edifício em estudo).

Anexo B – Plantas do edifício em estudo

RUA 9



RUA 9

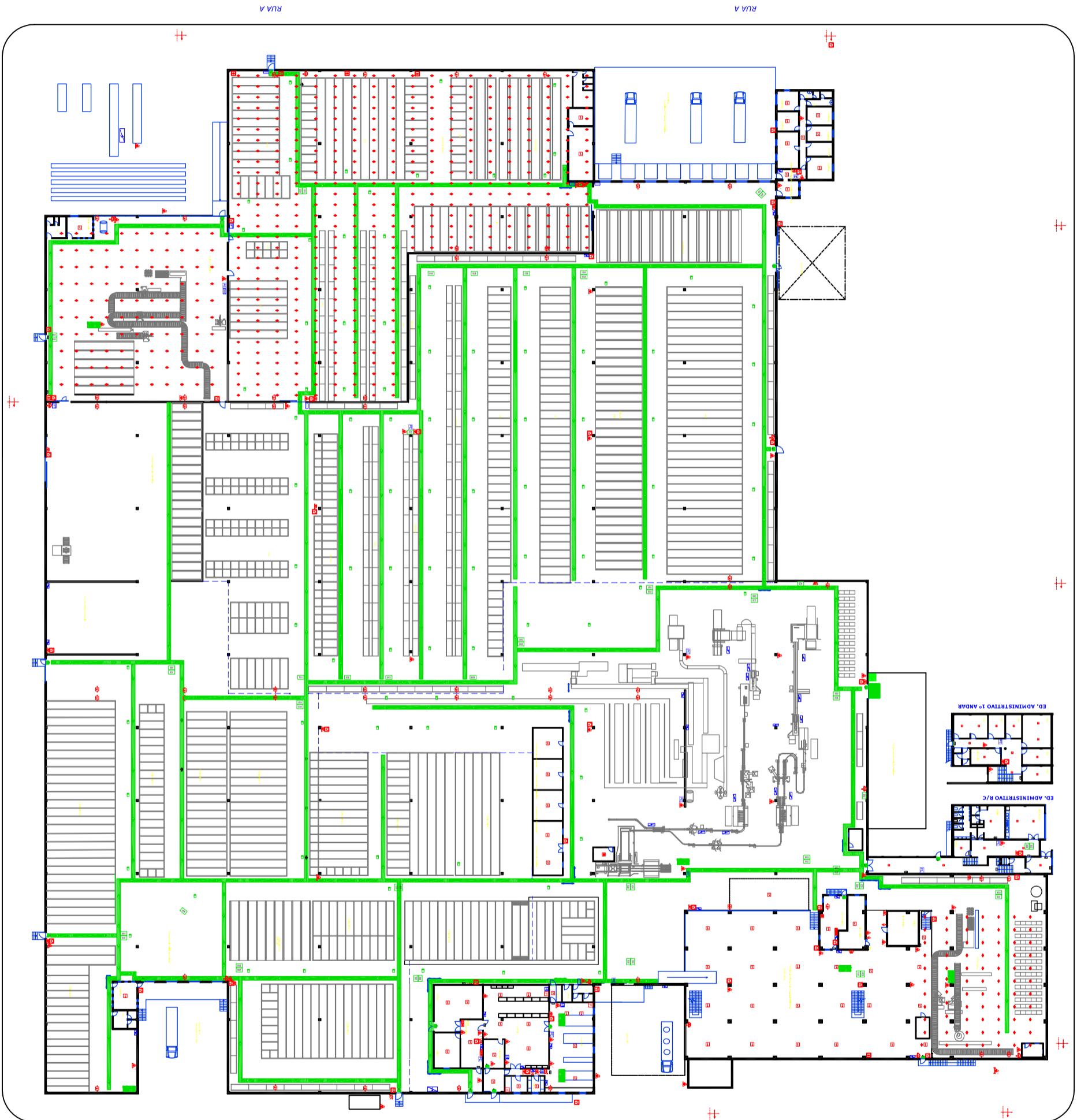


Bacia de tanques de óleo (Ciosos base e Ciosos acabados)

RUA D bis

LEGENDA	
[Symbol]	ÁREA DE SERVIÇO
[Symbol]	ÁREA DE ESTACIONAMENTO
[Symbol]	ÁREA DE CIRCULAÇÃO
[Symbol]	ÁREA DE SERVIÇOS ESPECIAIS
[Symbol]	ÁREA DE SERVIÇOS DE EMERGÊNCIA
[Symbol]	ÁREA DE SERVIÇOS DE MANUTENÇÃO
[Symbol]	ÁREA DE SERVIÇOS DE LIMPEZA
[Symbol]	ÁREA DE SERVIÇOS DE SEGURANÇA
[Symbol]	ÁREA DE SERVIÇOS DE SAÚDE
[Symbol]	ÁREA DE SERVIÇOS DE ALIMENTAÇÃO
[Symbol]	ÁREA DE SERVIÇOS DE RECREAÇÃO
[Symbol]	ÁREA DE SERVIÇOS DE CULTURA
[Symbol]	ÁREA DE SERVIÇOS DE ESPORTE
[Symbol]	ÁREA DE SERVIÇOS DE LAZER
[Symbol]	ÁREA DE SERVIÇOS DE EDUCAÇÃO
[Symbol]	ÁREA DE SERVIÇOS DE TREINAMENTO
[Symbol]	ÁREA DE SERVIÇOS DE PESQUISA
[Symbol]	ÁREA DE SERVIÇOS DE INOVAÇÃO
[Symbol]	ÁREA DE SERVIÇOS DE GESTÃO
[Symbol]	ÁREA DE SERVIÇOS DE OPERAÇÃO
[Symbol]	ÁREA DE SERVIÇOS DE SUPORTE
[Symbol]	ÁREA DE SERVIÇOS DE LOGÍSTICA
[Symbol]	ÁREA DE SERVIÇOS DE DISTRIBUIÇÃO
[Symbol]	ÁREA DE SERVIÇOS DE VENDA
[Symbol]	ÁREA DE SERVIÇOS DE ATENDIMENTO
[Symbol]	ÁREA DE SERVIÇOS DE RELACIONAMENTO
[Symbol]	ÁREA DE SERVIÇOS DE MARKETING
[Symbol]	ÁREA DE SERVIÇOS DE COMUNICAÇÃO
[Symbol]	ÁREA DE SERVIÇOS DE TI
[Symbol]	ÁREA DE SERVIÇOS DE SEGURANÇA DE INFORMAÇÃO
[Symbol]	ÁREA DE SERVIÇOS DE CONTINUIDADE DE NEGÓCIOS
[Symbol]	ÁREA DE SERVIÇOS DE RISCO
[Symbol]	ÁREA DE SERVIÇOS DE COMPLIANCE
[Symbol]	ÁREA DE SERVIÇOS DE GOVERNANÇA
[Symbol]	ÁREA DE SERVIÇOS DE SUSTENTABILIDADE
[Symbol]	ÁREA DE SERVIÇOS DE RESPONSABILIDADE SOCIAL
[Symbol]	ÁREA DE SERVIÇOS DE TRANSPARÊNCIA
[Symbol]	ÁREA DE SERVIÇOS DE ÉTICA
[Symbol]	ÁREA DE SERVIÇOS DE INTEGRIDADE
[Symbol]	ÁREA DE SERVIÇOS DE CONFORMIDADE
[Symbol]	ÁREA DE SERVIÇOS DE QUALIDADE
[Symbol]	ÁREA DE SERVIÇOS DE EFICIÊNCIA
[Symbol]	ÁREA DE SERVIÇOS DE PRODUTIVIDADE
[Symbol]	ÁREA DE SERVIÇOS DE INOVAÇÃO E DESENVOLVIMENTO
[Symbol]	ÁREA DE SERVIÇOS DE GESTÃO DE TALENTO
[Symbol]	ÁREA DE SERVIÇOS DE CULTURA ORGANIZACIONAL
[Symbol]	ÁREA DE SERVIÇOS DE ENGAJAMENTO
[Symbol]	ÁREA DE SERVIÇOS DE DIVERSIDADE E INCLUSÃO
[Symbol]	ÁREA DE SERVIÇOS DE EQUIDADE
[Symbol]	ÁREA DE SERVIÇOS DE JUSTIÇA SOCIAL
[Symbol]	ÁREA DE SERVIÇOS DE RESPONSABILIDADE AMBIENTAL
[Symbol]	ÁREA DE SERVIÇOS DE RESPONSABILIDADE ECONÔMICA
[Symbol]	ÁREA DE SERVIÇOS DE RESPONSABILIDADE SOCIAL CORPORATIVA
[Symbol]	ÁREA DE SERVIÇOS DE RESPONSABILIDADE CÍVIL
[Symbol]	ÁREA DE SERVIÇOS DE RESPONSABILIDADE ÉTICA
[Symbol]	ÁREA DE SERVIÇOS DE RESPONSABILIDADE LEGAL
[Symbol]	ÁREA DE SERVIÇOS DE RESPONSABILIDADE MORAL
[Symbol]	ÁREA DE SERVIÇOS DE RESPONSABILIDADE RELIGIOSA
[Symbol]	ÁREA DE SERVIÇOS DE RESPONSABILIDADE CULTURAL
[Symbol]	ÁREA DE SERVIÇOS DE RESPONSABILIDADE HISTÓRICA
[Symbol]	ÁREA DE SERVIÇOS DE RESPONSABILIDADE INTERGERACIONAL
[Symbol]	ÁREA DE SERVIÇOS DE RESPONSABILIDADE GLOBAIS
[Symbol]	ÁREA DE SERVIÇOS DE RESPONSABILIDADE UNIVERSAL

SEM ESCALA



LEGENDA DE SÍMBOLOS CONVENCIONAIS

	Linhas de circulação
	Linhas estruturais
	Linhas de gradeamento
	Colunas estruturais
	Portas
	Janelas
	Escadas
	Sanitários
	Armários
	Escritórios
	Salas de reunião
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula
	Salas de aula</

